

## 25. A nyelv idegrendszeri reprezentációja

---

**Lukács Ágnes – Kemény Ferenc – Ladányi Enikő  
– Csifcsák Gábor – Pléh Csaba**

Az emberi nyelvek változatossága és kreativitása annak köszönhető, hogy véges számú kisebb, jelentés nélküli elem (beszédhang) nagyobb, jelentéssel bíró egységekbe (szavakba) szerveződik, amelyek aztán több szinten tovább rendezhetők még nagyobb egységekbe (frázisokba, aztán mondatokba, aztán szövegekbe), végtelen változatossággal. A nyelvi leírás hagyományosan szerveződési szintek szerint elkülönülve írja le a nyelv szerkezetét; bár egy ilyen felosztás nyelvészeti, pszichológiai és idegtudományi szempontból is problémás lehet, az eredmények áttekinthetősége érdekében fejezetünkben is követni fogjuk. Az általánosabb elméleti és architektúráis kérdésekkel a 26. fejezet foglalkozik, ezért ezekre itt nem térünk ki részletesen.

### Akusztikai-fonetikai és fonológiai szint

Az akusztikai-fonetikai és a fonológiai szint az idegtudományi vizsgálatokban gyakran összemosódva, elsősorban egy-egy szóalakra vonatkozó beszédspecifikus hanginformációként jelenik meg a feldolgozásban vagy a produkcióban, elkülönítve a szó szemantikai és szintaktikai tulajdonságaitól. A legtöbb produkciós feladatot alkalmazó vizsgálat például Levelt (1999) produkciós elméletére épít (l. a 8. fejezetet); az elmélet a fonológiai/fonetikai rendszeren belül megkülönbözteti a fonológiai reprezentációt eredményező morfofonológiai kódolást, az artikulációs reprezentációhoz vezető fonetikai kódolást és a nyílt beszédet kivitelező artikuláció folyamatát: a mechanizmusok és a reprezentációk együtt potenciálisan öt elkülönült szintet jelentenek (a nyílt beszéd nélkül). Kevés vizsgálat különíti el akár csak kérdésfeltevésében is mind az öt szintet; ha kidolgozottabb képet szeretnénk kapni, akkor számos vizsgálat feladatainak és eredményeinek metaanalízisére van szükségünk, amit Levelt (1989) el is végzett.

*Produkció.* A képkalkáló vizsgálatok kivonásos logikáját alkalmazva és arra a feltevézésre építve, hogy a szó-, betű-, szín- és tárgymegnevezési feladatok közös nevezője a fonológiai kódolás, azt találjuk, hogy a közös területek a Broca-régió környéke,

a bal frontális operculum, a precentrális sulcus, a bal oldali temporális lebeny hátsó és a cerebellum mediális része. A beszédprodukcióban érintett területekre koncentrálna és elkülönítve őket a beszédhallgatás során is működésbe lépő területektől, a Broca-terület és a sulcus precentrális aktiválódik. Ez utóbbi – egyébként nem beszéd-specifikus, a bonyolult finommozgások tervezésében is fontos szerepet játszó – terület fordíthatja le a szóalak fonológiai információját artikulációs parancsokba. A gyrus supramarginalis megnövekedett aktivációt mutat hosszú és ismeretlen szavakra, ezért ezt a szublexikális fonológiai feldolgozáshoz és a rövid távú fonológiai tárhoz kapcsolják – modalitásspecifikusan a szóolvasáshoz. Az artikulációt igénylő feladatok, például a hangos olvasás is, a kétoldali szenzomotoros kérgen túl a thalamus bal oldali részét és a cerebellumot, valamint a kétoldali felső temporális gyrusokat aktiválják (ez utóbbit a saját hang hallása miatt) (Price 1998).

*Feldolgozás.* A nyelvi hallási információ akusztikus elemzését végző kétoldali hallókérgen túli fonológiai feldolgozásában érintett területeket funkcionális képalkotó eljárások során olyan vizsgálatokkal célozzák meg, ahol a szemantikai és lexikális információ előhívását ki lehet zárni. Ezek azok a területek, amelyek beszédhangok (fonémák) vagy legális álszavak (olyan nemlétező szavak, amelyek a hangalakjukat tekintve lehetnének szavak az adott nyelvben, például a *cselika* legális álszó a magyarban, míg a *trksampungrt* nem az) hallgatása és ismétlése közben, illetve a fonológiai feldolgozást megkívánó, más szintekről származó információra azonban nem feltétlenül építő rímelési döntési feladatok (rímél-e a *buta* és a *vita* vagy az *ostor* és a *szekrény*) vagy más jellegű fonológiai döntést igénylő feladatok esetén (például a hallott szóban van-e /p/ hang) is aktívak: ilyen a hallókéreg mögött és alatt elhelyezkedő bal oldali felső temporális sulcus és a temporális lebeny középső tekervénye (Demonet et al. 1992; 1994; Price 1998). Ezekben a feladatokban a Broca-terület, vagyis a frontális és prefrontális kéreg alsó-hátsó része is aktív; mivel azonban ez a terület más feladatokban is érintve van, lehet, hogy a verbális rövid távú emlékezethez kapcsolódik. A beszédfeldolgozási vizsgálatok tanúsága szerint a szó lexikális fonológiai alakjának kiválasztásáért, a szó mint szó felismeréséért a más lexikai információk tárolására is szolgáló Wernicke-terület a felelős.

Az emberi beszédfeldolgozó rendszer a beszédhangokat prototípusosan szerveződő kategóriákban észleli: Näätänen és munkatársai (1997) EEG-vizsgálataiban a hullámok érzékenynek bizonyultak ezekre a hatásokra; eredményeik szerint az azonos beszédhangok sorozatában itt-ott elhelyezett eltérő, deviáns beszédhangok közül azokra, amelyek fonémahatárt lépnek át, az automatikus, figyelem előtti folyamatok korrelátumaként számon tartott **eltérési negativitás** (EN) jelentkezik, bal hallókérgi generátorral. Amplitúdója akkor a legnagyobb, ha a deviáns inger egy fonémakategória prototípusának közelében helyezkedik el. Mindez azt mutatja, hogy a fonémának szenzoros emlékezeti neurális reprezentációjuk van. Az EN idői lefutása alapján a fonémákat a beszédhang kezdete után 200 msec-on belül azonosítjuk. Akkor is je-

lentkeznek az eseményhez kötött potenciálban fonológiaspecifikus hatások, ha nem izolált beszédhangok alkotják az ingersort. Connolly és Phillips (1994) hallott mondatok utolsó szavának illeszkedését variálták a fonológiai és szemantikai illeszkedés független változtatásával. Ha az utolsó szó kezdőfonémája eltért attól, amire a kontextus alapján számítottak, a szemantikai sértésre jelentkező N400-tól különböző, az EN-hatások speciális eseteként megjelenő, de azoktól elkülönülő fonológiai eltérési negativitást (FEN, *phonological mismatch negativity*, PMN) figyeltek meg körülbelül 270–300 msec-mal a fonémakezdet után. Ezt a szerzők lexikálisnak tekintik és elkülönítik a korai fonológiai feldolgozást tükröző eltérési negativitástól, mivel nagyobb a latenciája és a magasabb szintű feldolgozást igénylő szemantikai kontextusra érzékeny.

Újabb vizsgálatok azt találták, hogy a bal posterior sulcus temporalis superior, a bal gyrus frontalis inferior és a bal Spt (sylvianus–parietális–temporális) terület (a Sylvius-árok egy része) részt vesz mind a fonológiai produkcióban, mind a feldolgozásban (Heim et al. 2003; Okada–Hickok 2006).

### Prozódiai jegyek: Hangsúly és hanglejtés

Nem szabad megfedkezünk a beszélt nyelv által hordozott prozódiai információkról sem: ilyen a hangerő, a hangmagasság, a hangsúly, a szünetek és a ritmus. A fonetikai jellemzők és a hangsúly feldolgozását szembeállító PET-vizsgálatokban (Zatorre et al. 1992), ahol a szó utolsó hangjára, illetve a hangsúlyra vonatkozó döntést kellett hozni, a fonetikai feldolgozáshoz bal féltekei, míg a hangsúlyfeladathoz jobb féltekei relatív túlsúlyú aktiváció kapcsolódott, és a korábbi eredmények is általában a fonetikai–nemfonetikai információ feldolgozásának féltekék szerinti disszociációját mutatják a halántéklebenyekben. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy a bal félteke a finomabb idői feldolgozásra specializálódott, míg a jobb féltekében a hangmagasságok jobb megkülönböztetését szolgáló spektrális felbontás a jobb: ezt olyan parametrikus képalkotó vizsgálatokban ellenőrizték, ahol az idői változások sebességét, illetve a spektrális elemek számát variálták, és a féltekék relatív aktivációja megfelelt a fentieknek (Zatorre et al. 2002). Ezt támogatják azok a citoarchitektonikai szerkezetet érintő vizsgálatok is, amelyek szerint az elsődleges hallókéregben a harmadik rétegbeli piramissejtek nagyobbak (Hutsler–Gazzaniga 1996), vastagabb oszlopokat alkotnak, és több és erősebben mielinizált axont küldenek szét. Ezek együttesen a gyorsabb ingerületátvitelt lehetővé téve segíthetik a jobb idői felbontást (Seldon 1981a;b; 1982).

A prozódiai jegyeket középpontba állító produkciós fMRI-vizsgálatokban (Dogil et al. 2002) a normális hangsúlyozás (fókusszal) a bal oldali superior temporalis gyrusban eredményezett megnövekedett aktivitást a monoton beszédhez képest, a

különböző modális mondatok (kérdő, kijelentő) szimulációja a jobb oldali superior temporalis gyrus hátsó részében emelte meg az aktivitás szintjét, a harmadik feltételben pedig az affektus kiejtésbeli szimulációja a jobb oldali superior temporalis gyrus elülsőbb részeiben eredményezett nagyobb aktivitást. A korábbi leírásokkal szemben a kéreg alatti struktúrák (limbikus rendszer és közepagyti struktúrák) nem mutattak aktivációt – úgy tűnik tehát, hogy az embernél a prozódia a főemlősök hangadásaitól eltérően kérgi, mindkét féltekére kiterjedő, ugyanakkor bizonyos funkciókban lateralizált struktúrák vezérlik. Fontos kiemelni azonban, hogy a feladatok itt mind-egyik feltételben egyértelműen akaratlagos kontrollt kívántak. A szerzők értelmezésében a lateralizáció nem a nyelvtani–érzelmi megkülönböztetést követi, inkább attól függ, hogy mekkora egységre kell a prozódiai jegyeket kiterjeszteni: ez a fókusz esetében a szótag, a másik két feltételben az intonációs frázis, vagyis egy-egy tagmondat.

Annak ellenére, hogy a prozódiai szintet a nyelvészeti és pszicholingvisztikai vizsgálatok is elhanyagolják, vannak arra utaló eredmények, hogy a mondatmegértés során ezeket a jegyeket azonnal felhasználjuk a szintaktikai szerkezetépítéshez. Steinhauer és munkatársai (1999) eseményhez kötött potenciál vizsgálataikban olyan becsali mondatokat használtak, amelyek vizuálisan bemutatva a szintaktikai szerkezet újraépítését, és így nagy amplitúdójú N400-at és P600-at váltanak ki. Erre magyar példa lehetne az (1) mondat. Először egy lezárt tagmondatnak értelmezzük a *Hiába magyaráztam neki* szósort, de a *saját szemével kellett látnia* megjelenése kényszerűen újraértelmezésre vezet.

(1) Hiába magyaráztam neki a saját szemével kellett látnia.

Ezeknél a mondatoknál nem mutatható ki az összetevők amplitúdónövekedése, ha a hangzó mondatokat normál intonációval hallják a személyek. Ha viszont maga az intonáció félrevezető (az (1) példamondatban nincs szünet a *neki* előtt), és valahol a mondatban egy szó (itt a *kellett*) egyértelműsít a másik szerkezet felé, ugyanúgy megnő az N400 és P600 amplitúdója, mutatva, hogy a hallgató a prozódiai jegyek tükrében alakítja ki szintaktikai stratégiáját. A prozódiai jegyek feldolgozása külön pozitív komponensként jelentkezik a hullámban: minden intonációs frázis lezárása után rövid idővel jelentkezik a lezárási pozitív eltolódás (*closure positive shift, CPS*).

## A szavak szintje

A funkcionális képpalkotó eljárásokkal végzett kísérletek ingereit – a módszertani egyszerűség kedvéért – a leggyakrabban szavak alkotják. A vizsgálati kérdések a produkció és feldolgozás elkülönülő rendszereit, a modalitásbeli különbségeket (hallott és látott szóalak feldolgozása), szószinten belül az előhívás, és a modalitásfüggő, il-

letve modalitásfüggetlen reprezentációk elkülönülését célozzák meg. Az alábbiakban kiderül, hogy a különböző információtipusok a szavak szintjén is elkülönülnek: térben és időben is eltérő aktivációs mintázatok kapcsolódnak egy adott szóalak jelentéséhez, a szóhoz kapcsolódó nyelvtani információhoz, és a szóalak fonológiai formájához. A többmorfémás szavak feldolgozásának kérdései (szabályos és kivételes ragozás és – ettől nem függetlenül – az elemző vagy egészes tárolás) is számos idegtudományi vizsgálatot inspiráltak, de az eredmények egyelőre többféle értelmezést is megengednek.

### A szavak előhívása a produkcióban és a megértésben

A szóprodukciós elméletek legalább három szintet különböztetnek meg a produkció során: a szavak jelentését leképező fogalmi reprezentációk szintjét, a szó szintaktikai tulajdonságait tartalmazó lemmaszintet, és a szóalakok szintjét, ahol a szavak fonológiai és morfológiai információi raktározódnak (Levelt 1999; részletesebben l. a 8. fejezetben). A szószintet vizsgáló feladatok közül a tárgy-, illetve képmegnevezés kognitív összetevői a legvilágosabbak: ezekben a tárgyfelismeréshez, mint alapszinthez képest a megnevezésben az inferior temporalis, inferior frontalis és a precentralis területeken, valamint kéreg alatti struktúrákban találnak aktivációt. Az olvasás, képmegnevezés, betű- és színmegnevezés közben egyaránt aktív területekre összpontosítva azt találták, hogy a lexikális előhívásban a bal oldali temporális lebeny hátsó része (BA 37) és a bal oldali frontális operculum játszik fontos szerepet (az artikulációt az alapfeltételben kontrollálva) (Price 1998). A bal oldali temporális lebeny területén nagyobb aktivitást figyeltek meg szógenerálási, mint szemantikai döntési feladatokban, ami szintén arra utal, hogy a terület a jelentésleképezés mellett a lexikális előhívásban is szerepet játszik (Warburton et al. 1996). E területen a léziók általában szóelőhívási deficitekhez vezetnek: a betegek ép fogalmi tudás mellett nem tudnak vizuális vagy tapintási információ, illetve szóbeli leírás alapján tárgyat megnevezni (Renzi et al. 1987). Indefrey és Levelt (2000) a középső temporális gyrus egyes részeit a fogalmi előkészítés és lexikai kiválasztás lépéseivel kötik, mivel ezek a képmegnevezési és szógenerálási feladatokban aktívak, de szóolvasáskor nem mindig. A temporális lebeny felső-hátsó része a szóalak lexikális fonológiai kódjának tárolását és előhívását támogatja, mivel képmegnevezéskor, szógeneráláskor és olvasáskor is aktívnak bizonyult, de álszavak olvasásakor nem. A fonológiai kódolás mind a négy feladat szükséges lépése, a közös aktív terület, mint arról már a fonológiai feldolgozással kapcsolatban is szó volt, a Broca-régió lehet. A dorzolatális prefrontális kéreg szerepe a szógenerálási feladatokban még nem egyértelmű: szerepet játszhat a megfelelő szó aktiválásához szükséges stratégia kiválasztásában, de általánosabb szerepe van az akarat tevékenység beindításában (Frith et al. 1991), az új nyelvi információ hosszú távú memóriába történő átkódolásában is.

Az elektrofiziológiai adatok is a fogalmi, lemma- és szóalak-információ elkülönülésére utalnak Turenout et al. (1997; 1998) vizsgálataiban, ahol a képmegnevezés mellett az élőségre vonatkozó szemantikai és a kezdőhangra vonatkozó fonológiai döntést kellett hozni. A feladatban a szemantikai döntés határozta meg a válaszadó kezét, a fonológiai döntés pedig azt, hogy van-e végül motoros válasz, vagy nincs. A motoros készséghez kapcsolódó lateralizált készségi potenciált (*lateralized readiness potential, LRP*) figyeltek meg akkor is, ha a fonológiai döntés eredményeképpen nem volt nyílt viselkedéses válasz, vagyis a szemantikai információ korábbi elérése alapján az egyik kéz már készen állt a válaszadásra. Ezzel szemben, ha a szemantikai döntés határozta meg, hogy végül van-e nyílt viselkedéses válasz, nem figyeltek meg LRP-t; ez arra utal, hogy a szemantikai információ nemcsak elkülönül a fonológiai információtól, de korábban rendelkezésre is áll. Ugyanezt a kísérleti logikát alkalmazva azt találják, hogy a lemmaszinthez kapcsolódó információ (például a szó morfológiai neve) is hamarabb aktiválódik, mint a fonológiai.

A szavak esetében mindhárom szintet összeköti az, hogy lexikális információ előhívására van szükség: ez indokolja az átfedést, és az elektrofiziológiai adatok a háromféle információ szekvenciális aktiválására utalnak.

### A morfológiai komplexitás hatása

A morfológiai feldolgozás központi kérdése, hogy az olyan, több morfémából álló szavakat, mint a *meglepetéseinket*, egészen tároljuk, vagy az alkotó morfémákból rakjuk össze a produkció során, illetve ezekre bontva dolgozzuk fel az észlelésben. Az egészséges tárolást feltételező holisztikus modellben a hozzáférés gyors, a produktivitás, az új alakok felismerése és létrehozása analógiásan, hasonlósági alapon történik. Az analitikus vagy elemző megközelítésekben a tövek és a toldalékok külön tárolódnak, a többmorfémás szavakat és az új alakokat egy nyelvtani szabályrendszer hozza létre (Kiefer 2000). Ez a nyelv architektúrájára nézve egy általánosabb kérdést is érint: létezik-e külön mentális nyelvtan (mint elkülönülő szabályrendszer) a mentális lexikontól függetlenül. Ez a vita a pszicholingvisztikában a legerősebben a morfológiai feldolgozással kapcsolatban bontakozott ki.

A szavak memorizálását szolgáló s ennek alapján épülő és szerveződő mentális lexikon és a szavak és morfémák nyelvtani szabályok szerinti kombinációjának feladatát végző mentális nyelvtan különbségét a legegyszerűbben és a legközvetlenebbül összehasonlíthatóan a szabályos és kivételes ragozású szavak ragozott alakjaival tesztelhetjük. A két elkülönült rendszert feltételező modellek szerint (Pinker 1991; 1999; Clahsen 1999) a szabályos alakokat (ilyen például a *sétál* múlt ideje, a *sétált*) a mentális nyelvtan komputációs mechanizmusa rakja össze a töből és a toldalékból, míg a kivételes ragozású formákat (ilyen például a *van* vagy az *eszik* múlt ideje, a *volt* és az

*evett*) egészben memorizálnunk kell a mentális lexikon bemeneteként. Ullman idegtudományi modellje (2001) a lexikon és a nyelvtan viselkedéses különbségeit, és így a szabályos és kivételes alakok feldolgozásának és produkciójának eltéréseit is a nyelven túlmutató emlékezeti rendszerek, a deklaratív és procedurális memória nyelven belüli speciálisabb megnyilvánulásaként és disszociációjaként kezeli (a modell részletes bemutatását l. alább). Az alternatív álláspont szerint nincsenek elkülönült rendszerek a nyelven belül, a nyelvtan csak látszatjelenség, és nincsenek minőségi különbségek a kétfajta ragozás háttérmechanizmusában: amit látunk, az csak gyakorisági hatásoknak köszönhető (Rumelhart–McClelland 1986; Bybee 1995).

A témában végzett egyik első PET-vizsgálat (Jaeger et al. 1996) azt mutatta, hogy a szógenerálási feladatokban általában aktív az új, szándékos viselkedés kialakításáért felelős dorzolaterális prefrontális kéreg mellett a Broca-terület is, akár a *go-went*, akár a (szabályos) *learn–learned*, akár nemlétező igék múlt idejének képzésről van szó. Csak a kivételes alakoknál aktív azonban a hallási emléknymokhoz is kapcsolható középső temporális lebeny és az orbito-frontális területek. Az eredmény a két rendszer elkülönülését támasztja alá. Kivételes alakoknál emlékezeti előhívásra van szükség (ez lenne a temporális területek fokozott aktivitásának értelmezése) és ezzel együtt a szabályos képzés frontális aktivitás által jelzett gátlására, míg szabályos alakoknál pusztán a nyelvtanért felelős Broca-terület aktív. Clahsen (1999) összefoglalója szerint kivételes alak sértésekor, vagyis szabályosított forma észlelésekor (\**hót* a *havat* helyett) vagy a rag elhagyásakor az egyéb típusú morfoszintaktikai és szintaktikai sértésekre is érzékeny (és azoknak megfelelő topográfiájú) LAN figyelhető meg az eseményhez kötött potenciálban német igék és főnevek szabályosításakor is, míg a szabályos helyett a kivételes ragozás alkalmazása (\**tanarak* a *tanárok* helyett) nem számít ragozási hibának, úgy értelmezzük, mint új, meglepő szót, ami az értelmetlen szavakhoz hasonlóan centrális maximumú nagy N400-as aktivitást eredményez.

A többmorfémás szavak feldolgozása fMRI-vizsgálatokban általában ugyanazonkon a területeken eredményez nagyobb aktivációt, amelyeket (mint látni fogjuk) a mondatok szintaktikai–szemantikai feldolgozásában is rendre aktívnak találnak: a bal oldali inferior frontális kéregben (*inferior frontalis gyrus*, IFG) és a bal oldali temporális lebeny felső tekervényének (*superior temporalis gyrus*, STG) hátsó részében. Ezt figyelték meg Lehtonen és munkatársai (2006) a gazdag morfológiájú finn nyelvben a morfológiai komplexitás hatását vizsgálva, valamint Meinzer és munkatársai (2009), akik a morfológiai komplexitás hatását a szóhosszt és a toldalék típusát kontrollálva elemezték. Ugyanezt a két területet találták Tyler és munkatársai (2005) is ugyanaz–különböző ítéleteket igénylő feladatukban szabályos ragozású alakokra (kivételesekkel szemben), valamint Joannis és Seidenberg (2005) néma produkciós feladatban is nagyobb bal oldali inferior frontális aktivitást talált szabályos ragozású szavakra és álszavakra, miközben a temporális területek a szabályos és kivételes alakoknál is aktívak voltak. Az utólagos elemzés megmutatta, hogy az aktivációnő-

vekedés az adott területen inkább a szó fonológiai tulajdonságainak függvénye, nem a szabályosságé. Már Seidenberg és Hoeffner (1998) is a mellett érvel, hogy a különbségek oka az is lehet, hogy kivételes alakoknál nagyobb mennyiségű aktivitásra van szükség. Vagyis a Broca-terület és a lexikai emlékezetért felelősnek tartott területek együttes aktivációja talán aspecifikusan gazdagabb hálózati aktivációt tükröz, és nem sajátosan a szabállyal szembeállított nagyobb lexikai aktiválás jele. Pulvermüller (1999) érvelése szerint pedig a szabályos alakoknál a ragozott szó feldolgozásáért a perisylvianus területek felelősek, míg a kivételesekért egy jóval megosztottabb hálózat felelős, éppen azért, mert csak szemantikai viszonyok révén kapcsolódik egymáshoz például a *go* és a *went*. A szabályos és kivételes ragozású alakok reprezentációjának és ezen keresztül a lexikonnak és a nyelvtannak az éles elkülönülése ellen szól Sach és munkatársainak (2004) megfigyelése is: ők nem találtak különbséget a szabályos és kivételes ragozású alakok kezelése során aktív területekben.

Amint láthattuk, a nyelvészeti és pszicholingvisztikai eredményekből (l. ezekről és a magyar adatokról Lukács–Pléh 1999; Pléh–Lukács 2002) a szabályos és kivételes ragozású alakokért felelős rendszerek elkülönülését, valamint a többmorfémás szavak elemző reprezentációját az idegtudományi adatok is igazolni látszanak, az azonban még mindig értelmezés kérdése, hogy az elemzést, illetve összerakást végző külön mechanizmus egy általános kombinációs művelet vagy speciális nyelvtani szabály.

## Szójelentés

A jelentés kérdéskörét, mint már említettük, javarészt a szavak jelentésén keresztül vizsgálják az idegtudományi kutatások, ami korlátozza értéküket a jelentés teljesebb, a mondat- és szövegszintű jelentést és fogalmi szerveződést is magában foglaló világgal kapcsolatban. A szavak lexikális-szemantikai tulajdonságaihoz kapcsolódó aktiváció erősen szétszott, de leginkább bal oldali középső és alsó posterior temporális gyirusokhoz köthető. A tartalmas szavak reprezentációjának legkorábbi vizsgálatai azzal foglalkoztak, hogy mennyire képzelhető el az egyes szemantikai kategóriák egymástól független, moduláris idegrendszeri lehorgonyzása. A tartalomfüggő reprezentációk létét számos neuropszichológiai megfigyelés támasztja alá. Warrington (1975) vizsgálatai a szemantikus demenciára irányultak, amely a szóelőhívás és szómegértés fokozatos elvesztésével, valamint a nemverbális feladatokban is észlelhető szemantikai zavarral jellemezhető, miközben más képességek viszonylag megtartottak (Snowden et al. 1989). Ez a zavar atrofikus, főként bal oldali temporális változások eredménye (Hodges et al. 1992).

Warrington (1975) megfigyeléseinek legfőbb eredménye, hogy (i) a szemantikai rendszer leépülése fokozatos, először a specifikus információ vesz el (például *élnék-e pingvinek Magyarországon?*), majd fokozatosan az egyre általánosabb tartalmak (pél-



dául *mi az a pingvin?*), illetve (ii) a konceptuális információ bizonyos tartományai érzékenyebbek, mint mások. A leggyakoribb sérülés az élő–élettelen kategóriákkal kapcsolatos. Ezzel összhangban számos, agysérülések következtében kialakuló szelektív, kategóriaspecifikus deficitet írtak le. Ezek a szelektív deficitok vonatkozhatnak az élőlények vagy élettelen dolgok tartományára, állatokra, gyümölcsökre, zöldségekre, nevekre, testrészekre vagy színekre (Yamadori–Albert 1973; Dennis 1976; Warrington–Shallice 1984; Hart et al. 1985; Hillis–Caramazza 1991; Sartori et al. 1993; Tranel et al. 1997; Caramazza–Shelton 1998; Hillis et al. 1999).

Damasio és munkatársai (1996) azt találták, hogy híres emberek megnevezése sérül a bal temporális pólus (TP) sérülésének következményeként, míg az inferotemporális (IT) lebeny anterior részének sérülése az állatfajok megnevezését rontja. Az IT poszterolaterális részének, valamint a temporo-okcipito-parietális határterületnek a sérülése az eszközök kategóriamegnevezési teljesítményét csökkenti. PET-vizsgálatuk többé-kevésbé alátámasztotta ezeket a megfigyeléseket: egészséges személyek vizsgálata során híres emberek megnevezésekor a bal TP és a jobb TP és IT területek aktívak; állatok és eszközök kategóriáinak megnevezésekor a bal poszterior IT és a bal TP egy része: a poszterior középső és alsó temporális gyrus aktív; csak eszközök esetében ez az aktiváció 12 mm-rel poszteriorabb és 15 mm-rel laterálisabb aktivációt jelent. Az eredmények értelmezése szerint ezek a (nem nyelvi) területek a szóalak rekonstrukciójában vesznek részt, vagyis ezen a szinten nem a szóalakhoz férünk hozzá, mint azt Levelt és Garrett hirdeti, hanem a hozzá vezető úthoz (Damasio et al. 1996).

Perani és munkatársai (1995) eszközök helyett a tágabb **artefaktum** (ember által készített tárgy) kategóriát alkalmazták, és a PET-vizsgálat résztvevőinek feladata nem megnevezés, hanem felismerés volt. Állatok felismerésekor bilaterális IT (Br. 20, 37) és bilaterális okcipitális (Br. 18, 19) aktivitást regisztráltak, artefaktumok felismerésekor pedig főleg a bal oldalon regisztráltak okcipitális (Br. 18, 19), parahippokampális (Br. 36) és dorzolaterális prefrontális (Br. 45, 46) aktivációt. Martin és munkatársai (1996) hasonló vizsgálatukból az állatoknál tapasztalt nagyobb okcipitális aktivációt emelik ki, aminek az lehet a magyarázata, hogy ennél a kategóriánál nagyobb szerepe van perceptuális hasonlóságnak.

Idegtudományi szempontból is releváns tartalmi felosztásnak bizonyult a fogalmak absztrakt vagy konkrét volta (Saffran–Sholl 1999). A vizsgálatok általában azt mutatják, hogy az absztrakt szavak akkor vannak előnyben a konkrétakhoz képest, ha az inferior anterior temporális régiók sérülnek. Bal féltekei nyelvi területek zavarai a konkrét szavak feldolgozásának előnyét mutatják. Ennek megfelelően afáziás sérültek általában rosszabbul teljesítenek absztrakt fogalmakkal kapcsolatos feladatokban (Goodglass et al. 1969), illetve diszfáziás sérültek hangos olvasása jobb konkrét szavakra, mint absztraktakra (Coltheart 1980). Egy PET-vizsgálat azt találta, hogy a bal IT konkrét szavakra aktívabb, mint absztrakt szavakra (Beauregard et al. 1997).

Az újabb felfogások egyik szintetikus próbálkozásának újdonsága a szenzoros jelentésméletek felújítása. Pulvermüller (1999; 2001; Pulvermüller et al. 2009) az ilyen elektrofiziológiai és képalkotási eljárásokat használó munkák szintézisét kísérelte meg – Donald Hebb (1949; 1975) sejtegyüttes-fogalmát felújítva. Pulvermüller értelmezésében egy-egy szó jelentése egy funkcionális hebbi sejtegyüttes, amely az agykéreg különböző részeiben zajló aktivitásokat az adott szó egyedi jelentésére nézve sajátosan fogja össze. Ebben a felfogásban három alapvető jellemzője van a szójelentés idegrendszeri reprezentációjának.

*A szójelentés idegrendszeri reprezentációja megosztott jellegű.* Alapvetően egy konnekcionista szójelentés-felfogásról van szó: a szavak kicsiny hasonlóságainak megfelelően van átfedés a neurális reprezentációikban is.

*Tartalomfüggő, hogy a sejtegyüttesben mely agykérgi részek vesznek részt.* Nem arról van szó, hogy minden szójelentés például a Wernicke-területen lokalizálódna: hogy a sejtegyüttesbe mely agykérgi területek lépnek be, az attól függ, hogy milyen életszférára utal az adott szó. A látással kapcsolatos szavak inkább aktiválják az okcipitális területeket, a mozgással kapcsolatos szavak inkább a motoros területeket, és így tovább. A megoszlások nem szófaj- (például ige vs. főnév – bár ilyen eredmény is van, l. lejjebb és Martin et al. 1995), hanem jelentésmező-függőek, és a szenzoros jelentésméletnek megfelelően ugyanúgy érvényesek képekre, mint szavakra (Pulvermüller 2001). A tartalomfüggés még ennél is specifikusabb: a láb mozgásával kapcsolatos szavak (például *járás, futás*) inkább a lábak motoros beidegzésének, míg a beszéddel kapcsolatos szavak (*szól, beszél*) inkább a száj beidegzésének megfelelő motoros részekben váltanak ki izgalmat. A szavaknak megfelelő hálózatok aktiválása kétlépcsős, a gyors lexikai aktivációt 100–250 msec-mal nagy frekvenciás, a szemantikai emléknym aktiválására utaló gamma-oszcilláció követi (Pulvermüller 2001; Pulvermüller et al. 2009).

*A funkciószavak többnyire inkább bal féltekei lokalizációjúak, míg a tartalmas szavak lokalizációja mindkét féltekére kiterjed.* A lexikon olyan sejtegyütteseknek felel meg, amelyek egymástól távoli kérgi részeket kapcsolnak össze, míg a grammatikai mozzanatok inkább rövid távú kapcsolatokon alapulnak. Pulvermüller szerint az a kettősség, amit Clahsen (1999) mint mentális lexikon és grammatika kettősségét, Pinker (1999) pedig mint asszociatív hálózatok és szabályközpontú szerveződés kettősségét képzel el, egy egységes agykérgi modellben különböző távú kérgen belüli kapcsolatok kettősségeként értelmezhető.

Pulvermüller (2001) korábban idézett elképzelésével szemben számos neuropszichológiai vizsgálat arról számol be, hogy az egyes grammatikai kategóriák szelektíven is sérülhetnek: előfordulhat olyan zavar, amely csak a igéket vagy csak a főneveket érinti (McCarthy–Warrington 1985; Miceli et al. 1991; Damasio–Tranel 1993; Renzi–Pellegrino 1995). Ez azt jelenti, hogy az igék és a főnevek feldolgozási területei nincsenek teljes átfedésben. Az eredmények arra mutatnak, hogy a bal frontális

kéreg sérülései következtében az igék, míg a bal temporális kéreg sérülései következtében a főnevek feldolgozása sérül (Caramazza–Hillis 1991; Rapp–Caramazza 1997). Ezt hirdette már Lurija (1975) is a dinamikus afázia kategóriájával.

A léziós eredményekkel összhangban Martin és munkatársai (1995) PET- vizsgálatukban azt mutatták ki, hogy az inferofrontális kéreg igék előhívására nagyobb aktivációt mutat, mint főnevekére. Shapiro és munkatársai (2001) ismételt transzkraniális mágneses ingerléssel (*repeated transcranial magnetic stimulation*, rTMS) csökkentve a bal prefrontális kéreg válaszkészségét magasabb reakcióidőt kaptak igékre, mint alaphelyzetben. Ez a különbség azonban főnevekre nem jelent meg.

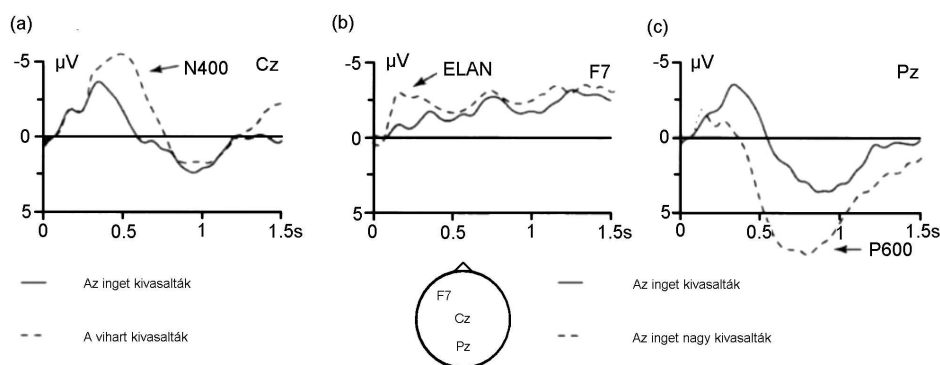
Gerfo és munkatársai (2008) hasonló rTMS-kísérlete más felosztást alkalmaz a szemantikai feldolgozáson belül. Míg Shapiro és munkatársai (2001) igék és főnevek feldolgozását hasonlították össze, addig Gerfo és munkatársai a mozgásokkal kapcsolatos cselekvést jelentő szavak, illetve azokkal nem kapcsolatos statikus szavak összevetését végezték el. Eredményeik szerint a Shapiro és munkatársaihoz hasonló, bal prefrontális kérgen alkalmazott rTMS következtében az akcióval kapcsolatos igék előhívásának válaszlatenciája megnő, míg a statikus szavakra a beavatkozás nem volt hatással (sem igékre, sem főnevekre). A bal motoros kérgen végzett rTMS ugyanakkor mind a cselekvést jelentő igék, mind a cselekvést jelentő főnevek feldolgozását késlelteti, míg a statikus szavak feldolgozási ideje itt sem változik. A kutatás szerzői szerint a bal prefrontális kéreg a grammatikus és szemantikai információ feldolgozását segíti, míg a motoros kéreg csak a szemantikai információ feldolgozásához járul hozzá, grammatikai feldolgozást nem végez. Vagyis a motoros kéreg kapcsolatban van a nyelv és a mozgás jelentéstartalmának feldolgozásával (Gerfo et al. 2008). Ezzel összhangban van az az eredmény, amely szerint az anterior inferior frontális gyrus és a középső frontális gyrus (MFG) aktív a hangalapú cselekvésfelismerésnél (Kaplan–Iacoboni 2007). Ezek a területek végzik a cselekvésekkel kapcsolatos multimodális információ integrálását (Gerfo et al. 2008). A bal MFG része egy neurális rendszernek, amely a szavak grammatikai tulajdonságait kódolja, specifikus szenzomotoros szemantikai asszociációk segítségével – vagyis főleg az akciószavak és igék közötti szoros kapcsolatért lehet felelős (Caramazza 1994). Így tehát egy olyan cselekvés-jelentési reprezentációról beszélünk, amelyik megfelelhet a majmok agyában található tükrőneuron-rendszernek (l. Rizzolatti et al. 1996; Gerfo et al. 2008).

A jelentés–ideghálózat leképezés tehát ígéretes kezdemény, de a nyelv teljességét tekintve még csak kezdemény. Mint Bierwisch (1999) rámutat, bármilyen részletességű legyen is ez a felfogás, kételyek vethetők fel, hogy a strukturális eltéréseket tükrözni fogja-e a szavak efféle szenzoros agyi reprezentációjának vizsgálata. Az *ad* és a *vesz* szavak például ugyanúgy szociális aktivitásra vonatkoznak, ugyanabba a jelentésmezőbe tartoznak, és a reprezentáció valamelyik szintjén ugyanolyan agykérgi sejtegyütteseket fognak aktiválni, akárcsak az észlelési igéknél a *néz* és a *lát*. Van azonban olyan strukturális eltérés közöttük, amelyet nem tudunk leképezni olyan ál-

talános jelentéses szempontokkal, mint amelyek megkülönböztetik a mozgásigéket a látásigéktől. A szerkezeti különbségek nem szenzoros eltéréseket tükröznek, hanem például a perspektíva vagy az intencionalitás eltéréseit. Vagyis a neurobiológia nem végső választ ad, hanem újfent világosan megfogalmazza, hogy a szójelentés reprezentációjában vannak strukturális kereső helyek, amelyek a mentális szótárnak felelnek meg, és vannak fogalmi reprezentációkhoz kapcsolódó helyek, amelyek a konceptuális tartalomhoz asszociálhatók. Izgalmas kérdés, hogy mindezt hogyan keresztelje a szenzoros és strukturális mozzanatok kettőssége. Az új megközelítések azt a kérdést vetik fel világosan, hogy a szavak szemantikája, a kognitív kutatók által vizsgált szemantikai hálózatok és az idegrendszeri hálózatok közt milyen izomorfizmus lehetséges.

## Mondatfeldolgozás

A mondatannal kapcsolatos idegtudományi kutatások többnyire a megértést vizsgálják. A mondatmegértés során lezajló, szófelismerésen túli folyamatok a szintaxis szintjén nyelvtani szerkezetépítést és a lexikális információ integrálását foglalják magukban. Egy mondat megértésében szintaktikai és szemantikai folyamatok egyaránt szerepet játszanak. A neurofiziológia három eseményhez kötött potenciál összetevőt kapcsol a szintaktikai feldolgozáshoz (25.1. ábra).



25.1. ábra. A szintaxissal összekapcsolt kiváltott potenciál komponensek

A feldolgozás során legkorábban a bal anterior elektródaheleknél a szó kezdete utáni 150–500 msec-os tartományban megmutatkozó korai bal anterior negativitás (*early left anterior negativity*, ELAN) jelentkezik, amelyet a szó szintaktikai kategóriájára (főnév, ige stb.) vonatkozó információ aktivációjához és az ennek alapján történő ko-

rai összetevős (vagyis szintaktikai) szerkezetépítéshez kötnek (Friederici 1999; 2002), de a zárt szóosztályokba tartozó szavak feldolgozásának is ez a korrelátuma (Neville–Bavelier 2000), míg mások szerint ez a komponens a verbális munkamemória általánosabb folyamataihoz kapcsolódik (King–Kutas 1995). A korábbi eredmények azt sugallják, hogy az ELAN a helyi frázisszerkezet-építés indikátora (Friederici 2002). Az ELAN amplitúdója függ attól, hogy a közvetlen szövegkörnyezet vagy nem lokális információk alapján dönthető el, hogy a kifejezés grammatikus-e (Lau et al. 2006).

Helytelen nyelvtani egyeztetések esetén (pl. igék számának, személyének vagy főnevek esetének rossz használata, l. a (3) alatt látható hibás szám–személy egyeztetést) 300–500 milliszekundummal a hibás szó prezentálását követően egy szintén frontális, de inkább bilaterális skalpeloszlású negativitás, a LAN hullám (*left anterior negativity*, azaz bal elülső negativitás) jelentkezik (Osterhout–Holcomb 1992; Münte et al. 1993; Friederici et al. 1996). Úgy tűnik, a LAN megjelenése nagymértékben függ attól, hogy egy nyelvben a morfológiai jegyek (pl. igék ragozása, alany és állítmány egyeztetése), valamint a szórendiség mennyiben határozzák meg a mondaton belüli nyelvtani kapcsolatokat (Friederici–Weissenborn 2007). Nem egységes az irodalom annak tekintetében, hogy az ELAN/LAN ugyanazon hullámok-e, vagy latenciájuk, topográfiájuk és funkciójuk tekintetében is eltérőek (vö. Friederici 2002; Hagoort 2008). A különféle nyelvekkel és paradigmákkal végzett vizsgálatok eredményeinek ellentmondásosságát némileg feloldja az a tanulmány, amely az ELAN/LAN jelentkezését a célszó szófajának azonosítási pontja szerint elemezte (Friederici et al. 1996). Abban az esetben, ha a várttól eltérő szófajú szó (pl. a *Kristóf elhatározta, hogy édesanyjának egy kép festésével emléket állít* mondatban az *állít* ige helyett az *állítmány* főnév) használata esetén a szó kezdetéhez (az *á*-hoz) viszonyítva elemezték az eseményhez kötött potenciálokat, a sértés kései latenciájú LAN hullámot váltott ki. Ha azonban minden szónál figyelembe vették a szófajt azonosító pontot (az *állít/állítmány* szavak esetén ez az *m*), és ehhez a ponthoz időzítve átlagolták össze az EEG szakaszokat, úgy a szófaji sértésre jellemző ELAN-hullámot kapták. A szövegkörnyezet alapján megjósolható szótól eltérő szófajú szó valójában ELAN-hullámot váltott ki, de egy kevésbé körültekintő elemzési módszer miatt későbbre tolódott a hullám latenciája, és így a LAN-komponens jelent meg.

A szintaktikai feldolgozást egy másik összetevő is tükrözi: szintaktikai sértésekre a sértés után körülbelül 500 msec-mal jelentkezik egy poszterior maximumú pozitív hullám, ami akár 300 msec hosszan is eltarthat: a P600 (Osterhout–Holcomb 1992) vagy szintaktikai pozitív eltolódás (*syntax positive shift*, *SPS*). Ez az összetevő nagyon különböző hibatípusokra érzékeny: jelentkezik a frázisszerkezeti szabályoknak (2), az alany és állítmány számbeli egyeztetésének (3), az ige alkategorizációs keretének (4) a megsértésére, de akkor is, ha a visszaható névmás nem egyezik nemben vagy számban az előzményével (5).

- (2) A katona meglátta a lányt mosolygó.
- (3) A lányok nem pusztította meg a fiút.
- (4) A szekrény elgondolta a labdát.
- (5) A bohóc letörölte magukat.
- (6) A matróz nem látta a felfedezőt a látszóval hadonászni.

A hullám érzékeny a (6)-féle, struktúrájukból eredően ideiglenesen kétértelmű, ún. *garden-path* („kerti ösvény”) mondatokra is. Ilyen esetekben a mondatot végighallgatva/végigolvasva utólagosan módosul a jelentése, azaz újraelemzés történik. A mondat újraelemzésének komplexitása hatással van a P600 latenciájára, könnyen átértelmezhető mondatoknál 345 milliszekundum körül jelentkezik (P345), míg nehezen értelmezhető, de nyelvtanilag szabályos mondatoknál 600 milliszekundumos latenciájú (Friederici–Mecklinger 1996). Érdekes, hogy a hullám nem jelentkezik nyelvtanilag helyes, de teljesen értelmezhetetlen mondatoknál (pl. *A telefonfülkében ülő felforrt alma elrepíti kutyám a mosodába*), ezzel szemben szemantikailag értelmezhetetlen és nyelvtanilag helytelen mondatoknál igen (*A telefonfülkében ülő felforrt alma elrepítik kutyám a mosodába*; Hagoort–Brown 1994). A P600-as hullám jelentkezik továbbá az ELAN-komponensnél említett szófaji összeegyeztethetlenségnél és a LAN-komponensre jellemző morfoszintaktikai sértéseknél is (Friederici 2004). A P600 idegrendszeri hátteréről a legtöbbet körülírt agyi sérülésekben szenvedő betegek végzett vizsgálatokból tudunk. Ellentétben az ELAN-hullámmal, a P600 nem érzékeny a bal elülső temporális lebeny, illetve a bal alsó frontális tekervény sérülésére, de eltűnik bal féltekei törzsdúc-sérüléseknél, illetve csökken az amplitúdója a jobb törzsdúcok és a jobb elülső temporális lebeny együttes sérülésekor (Friederici–Kotz 2003). Nem szabad elfelejtenünk, hogy az olyan kéreg alatti struktúrák aktivitását, mint a törzsdúcokét, nem lehetséges skalpelektrodával elvezetni, és még nem tisztázott, hogy a törzsdúcok pontosan melyik kérgi területek aktivitását szabályozzák (és hogyan) a fent felsorolt szintaktikai eltérések alkalmával. Az egyes potenciálok jellegzetességeit a 25.1. táblázat foglalja össze.

A két modalitásból adódó különbségek (olvasáskor azonnali elemzés, hallás során folyamatos, időben elnyújtott feldolgozás) ugyan elektrofiziológiailag is tetten érhetők (az N200 kizárólag a hallott beszédre jellemző), a szemantikai és szintaktikai feldolgozást jellemző többi komponens (N400, ELAN, LAN, P600) szinte teljesen független a szenzoros ingerlés módjától. Ez modalitástól független nyelvi feldolgozási rendszert feltételez, amely elsősorban a bal frontális és mindkét oldali temporális lebeny, valamint a bazális ganglionok épségéhez kötött. Az egyes hullámok időbeli megjelenése és a különféle nyelvi sértésekre való érzékenysége lehetővé teszi komplex modellek kidolgozását, amelyek segíthetik az egészséges és kóros elmében zajló

**25.1. táblázat.** A nyelvi feldolgozásra érzékeny eseményfüggő potenciálok

	Modalitás	Nyelvi feldolgozás szintje	Latencia	Skalpeloszlás	Összefüggés a többi feldolgozási folyamattal
N200	Auditoros	Korai szemantikai feldolgozás, a szövegkörnyezet alapján „kiszámított” szó első morféma-jára érzékeny	200 ms	Centrális	Független
N400	Auditoros/ vizuális	Későbbi szemantikai feldolgozás, szemantikai tartalommal bíró ingerek hatására jelentkezik	400 ms	Centroparietális	ELAN-tól függő: durva szintaktikai sértés esetén a szemantikai elemzés elmarad, és így az N400 sem jelentkezik
ELAN	Auditoros/ vizuális	Korai szintaktikai feldolgozás, főként a szövegkörnyezetbe nem illő szófajú szavak esetén jelentkezik	100–300 ms	Bal frontális	Független
LAN	Auditoros/ vizuális	Későbbi szintaktikai feldolgozás, morfoszintaktikai sértésre érzékeny	300–500 ms	Bal frontális	ELAN-tól csak egyes nyelvekben különíthető el egyértelműen
P600	Auditoros/ vizuális	Főként szintaktikai sértés hatására jelenik meg, de szerepét integratívnak tekintik: kevert sértések esetén amplitúdóját mind a szemantikai, mind a szintaktikai összefüggések befolyásolják	500–600 ms	Centroparietális	Az ELAN/LAN és az N400 potenciáloktól is függ

nyelvi értelmezési folyamatok megértését. A P600 komponens vizuális ingerekre és természetes beszédre egyaránt jelentkezik, és nemcsak sértések esetén: ideiglenesen kétértelmű mondatokban (6) megfigyelhető a kétértelműség feloldásánál, ilyen esetekben azonban frontálisabb eloszlást mutat. Az adatokat összevetve arra következtethetünk, hogy a menet közbeni szintaktikai feldolgozás integratív szakaszát tükrözheti. A P600 – bár eloszlása alapján egyértelműen elkülönül a feladat szempontjából releváns váratlan ingerekre jelentkező P300-tól (Osterhout–McKinnon 1996) – nem nyelvspecifikus összetevő: a zenei szerkezet sértésére is jelentkezik (Patel et al. 1998). Vannak, akik megkérdőjelezik azt is, hogy a nyelven belül a szintaktikai feldolgozás specifikus velejárója lenne: Münte és munkatársai (1998) vizsgálataiban pozitív összetevő jelentkezett a P600 idői ablakában morfoszintaktikai, szemantikai és ortográfiai sértésekre is.

A szemantikai feldolgozáshoz kapcsolódó elektrofiziológiai komponens, az ingerkezdet után körülbelül 250 msec-mal jelentkező és 400 msec körül csúcsosodó

N400 felfedezése indította el a nyelvi feldolgozáshoz tartozó elektrofiziológiai megfelelők vizsgálatát. Kutas és Hillyard (1980) írta le elsőként ezt az összetevőt. Szemantikailag oda nem illő szóval befejeződő mondatok olvasását vizsgálták, és váratlan ingerekre jelentkező P300 helyett N400 amplitúdónövekedést figyeltek meg az inkongruens mondatvégződésekre (*A fiú megkente a meleg kenyerét zoknival*) az illeszkedő befejezésekhez képest (*A fiú megkente a meleg kenyerét vajjal*). Bár az N400 természete sokáig vitatott volt, úgy tűnik, hogy amplitúdója leginkább a szavak közötti, illetve a szavak és a mondatkontextusuk közötti szemantikai viszonyokra érzékeny: minél kevésbé illeszkedik a szó a kontextusba, annál nagyobb a hullám amplitúdója. Akusztikus és vizuális ingerekre is jelentkezik, nemcsak sértésekre, szavak különálló bemutatásánál is (Kutas–Hillyard 1984; Bentin et al. 1985), álszavakkal, arcokkal vagy képekkel is kiváltható (Rugg–Nagy 1987; Barrett et al. 1988; Barrett–Rugg 1990). Szemantikai előfeszítéses (*priming*) helyzetekben is megfigyelhető, a kapcsolódó szavakra kisebb amplitúdóval jelentkezik, mint a nem kapcsolódóakra (Hagoort–Brown 1994). Petten és Kutas (1991) vizsgálatának eredményei szerint a szó lineáris pozíciója a mondaton belül fordítottan korrelál az N400 amplitúdójával – gyakorisági hatásokat pedig csak a mondatkezdeti pozíciókban találtak. Az N400 amplitúdójáról ennek fényében azt tartják, hogy a szó korábbi nyelvi anyaghoz való integrálásának feldolgozási költségéhez kapcsolódik. Posterior területeken van általában a maximuma, és vizuális ingerekre a jobb oldalon hangsúlyosabb, beszédre azonban nem mutatja ezt az aszimmetriát.

MEG-vizsgálatok alapján az N400 mindkét oldali felső és középső temporális tekervényben lokalizálható, bal oldali túlsúllyal (Helenius et al. 1998; Halgren et al. 2002), de egy vizsgálat további bal prefrontális forrást mutatott ki (Halgren et al. 2002). Körülírt agyi léziók alapján nem egyértelmű az N400 forrása: annak ellenére, hogy afáziás betegeknél a sérült megértés általában kisebb N400-zal társul, mind Broca-, mind Wernicke-afáziás betegeknél akár kifejezett N400 hatás is megfigyelhető (Hagoort et al. 1996; Friederici et al. 1998).

Az N400 jelenséget két fő elmélet próbálja magyarázni. A **lexikális elmélet** szerint, az N400 a szó jelentésének előhívását tükrözi a mentális lexikonból (Kutas–Feldermeier 2000, bővebben l. a 26. fejezetben). Az elmélet szerint a kontextusba nem illő szavak azért váltanak ki nagyobb N400-at, mert a kevésbé várt szavak előhívása a hosszú távú memóriából több erőfeszítést igényel. Ritkább szavak hatására nagyobb N400 vezethető el, mint gyakori vagy ismételt szavak esetén (Petten–Kutas 1990; Rugg 1985), és az álszavak is nagyobb amplitúdójú N400-hullámot váltanak ki. Az elmélet támogatói szerint az N400 forráselemzései és a kifejezett N400-hatást indukáló szemantikai priming paradigma fMRI-vizsgálatai egyaránt középső temporális barázdai aktivációt találtak, márpedig ez a kérgi terület a lexikális reprezentációk tárolásának legvalószínűbb helye (Lau et al. 2008). Egy másik vizsgálatban szemantikailag összefüggő és nem összefüggő szópárokat mutattak be, miközben az alanyoknak



az egyik szakaszban azt kellett eldönteniük, hogy értelmes szavakat látnak-e, a másik szakaszban pedig arról kellett dönteniük, hogy a szavakat nagy- vagy kisbetűvel írták-e. A vizsgálati személyeknél csak abban az esetben változott az N400 amplitúdója a szemantikus kapcsolat függvényében, amikor a szavak jelentéséről kellett dönteniük (Chwilla et al. 1995), ami szintén az N400 lexikális modellje mellett szól. Az **integratív elmélet** ezzel ellentétben nem a szó lexikális feldolgozását tartja az N400 forrásának, hanem a szöveggörnyezetbe történő integráció folyamatait (Hagoort 2008; Osterhout–Holcomb 1992; Brown–Hagoort 1993). Minél nehezebben integrálható a célszó a mondatba, annál kifejezettebb lesz az idegi aktiváció és így az N400 amplitúdója. Az elmélet jól magyarázza a hullám érzékenységet a szó kiszámíthatóságára és jelentkezését szemantikai priming vizsgálatokban. Egy nemrég közölt vizsgálat az N400-hatás latenciája alapján különítette el a lexikális hozzáférést a szemantikus integrációtól (Brink et al. 2006). Olyan szavakat alkalmaztak, amelyeknek a felismerhetősége vagy a szó első felére esett (pl. *kazetta* esetén az *e* betűre, hiszen a *kaz* szekvenciából még lehet pl. *kazal* is, de az *e* után magyarul már csupán a *kazetta* folytatódhat mint értelmes szó), vagy a második felére (pl. *kapitányság* esetén az *s* betű). Mivel az azonosítási pontig nem ismerhető fel a szó, és a lexikális elmélet szerint az N400 a szó jelentésének előhívását tükrözi, a korai és kései azonosíthatóságú szavak esetén szemantikai sértés esetén eltérő latenciájú N400-hullám jelentkezik, míg ha a szó integrációja már az azonosítás előtt megkezdődik, úgy az N400 latenciája független lesz a szó felismerhetőségi pontjának helyétől. Az eredmény szerint nem volt különbség a korai és kései azonosítási ponttal rendelkező szavak N400-latenciája között, ami azt sugallja, hogy a szemantikai folyamatok már az azonosítás és a mentális lexikonból való előhívás előtt megkezdődnek.

Már az eddigiekből is kitűnik, hogy bár az N400 hasonló helyzetekben jelenik meg auditoros és vizuális prezentáció során, mind latenciájában, mind skalpeloszlásában modalitásfüggő eltérések tapasztalhatók. A korai vizsgálatok szinte kivétel nélkül leírt szavakat alkalmaztak, és csak pár évvel később kezdték a beszélt nyelv N400-hatását vizsgálni. Az egykomponensű vizuális N400-zal ellentétben, auditoros ingereknél egy korai, kb. 200 milliszekundum latenciájú és centrális skalpeloszlású N200, és egy későbbi, 400 milliszekundum latenciájú, centroparietális skalpeloszlású N400-komponens jelenik meg. Az N200 kizárólag auditoros ingerekre jellemző, és a vizsgálatok szerint a szó korai, akusztikus/fonológiai elemzését tükrözi (Connolly et al. 1990). Connolly és Philips (1995) olyan, szemantikailag deviáns szavakat alkalmaztak, amelyek a szöveggörnyezet alapján leginkább kiszámítható szóval azonos vagy tőle eltérő fonémával kezdődtek (pl. a *Péter az Egyesült Államokba ké-szül, így elment a bankba és váltott 200 **dollárt*** mondatban a *dollárt* szót az azonos fonémával kezdődő *dolgozót* vagy az eltérő fonémával kezdődő *kenyeret* szóra cserélték). Szemantikailag oda nem illő szavak esetén mindig tapasztaltak N400-hatást, de csak az eltérő fonémával kezdődő szavak esetében jelentkezett a korai, N200-as

hullám. Ez a korai szóazonosítás egybeesik azokkal az elméletekkel, amelyek szerint a hallott szavak kezdeti hangzása alapján automatikusan aktiválódik a lehetséges célszavak szűkebb csoportjának reprezentációja, amelyek közül a szó azonosítási pontját követően könnyebben elő tudjuk hívni a hozzá tartozó jelentést (Marslen-Wilson–Tyler 1980; Norris 1994). Az elvárt célszóval megegyező szókezdet esetén (pl. *dolgozót*) csak később (a *g*-nél) észleljük az eltérést, így nem jelentkezik az N200-as hullám, ellentétben a korán deviáló szavakkal (pl. *kenyeret*), amelyeknél mindkét komponens megjelenik. Az N200-hullám jól tükrözi a vizuális és auditoros nyelvértés közötti különbségeket: míg a hallott szavak felismerése sorozatosan, a fonémák azonosításával zajlik, leírt szavaknál inkább holisztikus, azonnali azonosítás történik (Marslen-Wilson–Welsh 1978).

Kevés olyan képalkotó eljárásra építő vizsgálat született, amely a szintaktikai feldolgozás agyi megfelelőit próbálta volna körülhatárolni. Dogil és munkatársai (2002) fMRI-vizsgálatukban a szintaktikai feladatban a személyeknek egy mondatot kellett magukban elolvasniuk, majd a szórendet megváltoztatva egy új, az elsőtől stilisztikailag és jelentésében sem különböző mondatot kimondani. A kontrollfeladat olyan sorrend-manipulációs folyamat volt, amelyben a három elemű szólistából a második elemet kellett az első helyre tenni, és az így kapott változatot kellett hangosan kiolvasni. A sorrendváltoztatáshoz tartozó aktivációt a szintaktikai feladathoz tartozó aktivitásból kivonva a bal oldali frontális lebeny Broca-területet is magába foglaló része mutatkozott aktívnak, valamint a bal temporális lebeny Wernicke-területet is felölelő része, a mediofrontális régió (anterior cinguláris kéreg, ACC) és a kisagy.

A szintaktikai feldolgozással és produkcióval kapcsolatban kevés hemodinamikai vizsgálatot végeztek, és ezek kisebb-nagyobb eltérésekkel általában egyetértenek abban, hogy a szintaktikai feldolgozás a bal frontális területekhez kapcsolódik. Stromswold és munkatársai (1996) PET-vizsgálatában a mondatok egyre növekvő szintaktikai komplexitása a Broca-terület fokozódó aktivitását vonta maga után, de ezt az is kiválthatta, hogy a mondatok általánosan nagyobb terhet róttak az egész nyelvi rendszerre. Caplan et al. (1999) vizsgálatai is hasonló eredményeket mutattak, kiegészítve az anterior cinguláris gyrus mediális-frontális aktivációjával és a mediális frontális gyrus aktivációjával. Indefrey és Levelt (2000) produkciós vizsgálataiban álszavakból és funkciószavakból álló szekvenciákat kellett kiolvasni, és az esetleges szintaktikai hibákat kijavítani, a kontrollfeltételben pedig csak ki kellett olvasni őket. A szintaktikai feltétel a Broca-terület dorzális részét, az inferior frontális kéreg pars orbitalisát, és az orbitális gyrust aktiválta.

Indefrey és munkatársai (2001; 2004) PET-vizsgálataikban arra a kérdésre keresték a választ, hogy a szintaktikai feldolgozásért és produkcióért azonos (Stromswold et al. 1996; Dapretto–Bookheimer 1999), közeli, de eltérő (Caplan et al. 1998; 1999; 2000), vagy pedig teljesen elkülönülő területek felelősek (például eltérő lebe-

nyekben található területek: Embick et al. 2000; Friederici et al. 2000). Kísérletükben a résztvevőknek egy adott képsort jól formált, grammatikus mondattal (S), főnévi frázissal (NP) és igével, vagy pedig egymással nem összefüggő szavakkal (W) kellett leírniuk. A megértési feltételben a képek bemutatásakor egy férőhang írta le a látott eseményt grammatikus mondattal, főnévi frázissal és igével, vagy pedig egymással nem összefüggő szavakkal. Mindkét feltételben a Broca-terület (BA44) és a Roland-operculum (a BA6-os frontális területnek a BA44 területhez caudalisan kapcsolódó része) volt aktív, azonban a produkciós és megértési feltételekben a területek nem feleltek meg tökéletesen egymásnak, ugyanis a megértési feladat közben nem volt szignifikáns aktivitásnövekedés a Broca-területen, míg produkció esetében aktivitásnövekedés mutatkozott.

A szintaxis vizsgálatoknál érdemes kiküszöbölni a szemantikai hatásokat. Ennek radikális megoldása olyan kísérleti helyzetek teremtése, amelyekben nemcsak lecsökken a szemantikai információ hasznosíthatósága, hanem lényegében el is tűnik. Ilyen kísérleti megoldás lehet álszavak használata. Friederici és munkatársai (2000) fMRI-vizsgálatukban azt találták, hogy álszavakból álló mondatok esetében a bilaterális inferior frontális és superior temporalis aktiváció nagyobb, mint az ugyanolyan szerkezetű, de valódi szavakból álló mondatoknál. Kaan és Swaab (2002) szerint ilyen esetekben nincsenek szemantikai kulcsingerek, ezért igényel a szintaktikai feldolgozás nagyobb aktivitást.

Több olyan vizsgálat is született, amely nem csupán a szemantikai, hanem – mesterséges nyelvtanok használatán keresztül – a korábbi szintaktikai ismerősségi hatásokat is kiszűri. Az ilyen kísérletek alapfeltevése, hogy a mesterséges nyelvtanok elsajátítása a természetes nyelvek elsajátításának modellje (Forkstam et al. 2006). Ezzel összhangban Petersson és munkatársai (2004) fMRI-vizsgálatukban mesterséges nyelvtani szintaktikai sértéseknél a Broca-terület (BA44/45) aktivációját találták, amit úgy értelmeztek, hogy a bal inferior frontális kéreg a strukturális szabályszerűségek feldolgozásában játszik szerepet. Ebben a tekintetben a mesterséges ingerkészlettel végzett vizsgálatok eredményei hasonlóak a természetes nyelvi anyaggal kapott eredményekhez.

## Szövegek feldolgozása

### Következtetési folyamatok

A következtetési folyamatoknak sokféle tipológiájuk van mind a szövegtanban, mind a szövegfeldolgozás pszicholingvisztikai kutatásában (ezekről részletesen l. a 6. fejezetet). Beszélünk **kohézióról**, mint explicit és lokális összekapcsolásról, és **koheren-**

**ciáról**, mint tudásbázisokon alapuló összekapcsolásról. Jellegzetes példát mutatnak erre a (7)–(8) és a (9)–(12) alatti mondatok. A (7) és (8) esetében a kohézió meglétét a határozott névelők használata biztosítja:

(7) Egy autó ment le egy dombon. Egy gyerek ugrott elé.

(8) Az autó lement a dombon. A gyerek eléugrott.

A (9)–(12) példák esetében viszont a koherenciát a tartalmi összefüggés (valójában egy kulturálisan megalapozott asszociatív következményes viszony) alapozza meg, a kohéziót, a lokális összefonódást pedig a kötőszó és a birtokviszony (*tenyere*):

(9) *Koherens és kohézív mondatpár:* Feri vizsgára készült. Ezért izzadt volt a tenyere.

(10) *Koherens és inkohézív mondatpár:* Feri vizsgára készült. Izzadt volt a tenyér.

(11) *Inkoherens és kohézív mondatpár:* Feri sok levelet kapott ma. Ezért izzadt volt a tenyere.

(12) *Inkoherens és inkohézív mondatpár:* Feri sok levelet kapott ma. Izzadt volt a tenyér.

A koherenciát és a kohéziót, a szöveg mikro- és makroszerkezetét vizsgáló nagy mennyiségű, két évtizedes kognitív pszichológiai kutatáshoz képest kisszámú, de máris figyelemre méltó munka született ezeknek a viszonyoknak az idegtudományi tisztázására. Az alábbiakban elsősorban Ferstl–Cramon (2001) alapján tekintjük át az anyagot. Robertson és munkatársai (2000) a (7)–(8)-hoz hasonló esetekben azt mutatták ki, hogy kohézív szöveg esetén nagyobb a jobb féltekei aktivitás. St George és munkatársai (1999) fMRI-vizsgálata szerint nagyobb jobb féltekei aktivitás figyelhető meg, ha a személyeknek külön erőfeszítést kell tenniük a makrokoherencia megteremtésére. Ezt úgy érték el, hogy (13)–(14)-szerű párokat olvastattak a személyekkel, miközben egyes résztvevők tudták, mások pedig nem tudták, hogy MOSÁSI instrukcióról van szó. A fokozott jobb féltekei tevékenység akkor jelent meg, amikor nem volt cím, vagyis nagyobb volt a kognitív igénybevétel.

(13) Első dolog a színek szerinti szétválogatás.

(14) A por szemcsézettsége is fontos.

Nem vitathatatlan azonban a következtetési pragmatika jobb féltekei lokalizálása. Ferstl és Cramon a korábbi kutatásoknál minimálisabb szövegeket használt, olyan mondatpárokat, mint a (9)–(12)-beliek, és a szokásosnál jóval szisztematikusabban állították szembe a lehetőségeket egy fMRI-vizsgálatban, ahol a személyek számára maga a feladat a koherencia megítélése volt. Legfontosabb eredményük szerint a frontomedialis területeknek van különleges szerepük a koherenciát megalapozó modell

építésében: különösen akkor aktívak, amikor az összefüggést keresni kell, meg kell konstruálni. A nyelvi pragmatika a mentális erőfeszítésbe illeszkedik. Ugyanakkor ők nem kaptak oldaleltéréseket. A jobb félteke feltétezett pragmatikai szerepe csak akkor jelenik meg, ha sérült a bal agyfél, vagy ha a feladat meghaladja erőforrásainkat, és így mintegy még a jobb féltekére is szükségünk van.

### *Forgatókönyvszerű [makroszerkezeti] tudások és a prefrontális rendszer*

A pragmatika átfogó mozzanataira, nagyobb egységek integrálására vonatkozó ismereteink javarészt patológiás kutatásokból származnak (l. Pléh 2000). Ezek a kutatások új módon helyezik előtérbe a történetek pszichológiai kutatását. A nyolcvanas évek nagy konklúziója az volt ezen a téren, hogy a korábbi formális alapú megoldásokkal (Rumelhart 1975) szemben a történeteknek pszichológiai értelemben csak látszólag van szintaxisuk: a formális szerveződés mögött egy cselekvési alapú pragmatikai–szemantikai modell rejlik. A narratívumokban a koherenciát az események és cselekvések között a naiv pszichológiai kategóriák közti motivációs kapcsolatok teremtik meg. Roger Schank okságilánc-modellje (Schank–Abelson 1977) fogalmazta meg a legvilágosabban: az alapvető szerveződési elv a történetekben is az, hogy **ki miért csinált valamit**.

A tartalmi megalapozottságú modelleket használva jobb felidézést kaptak a fő oksági láncra nézve (Pléh 1986) és az is kiderült, hogy fizikai cselekvéseknél az okokat tudjuk jobban felidézni, míg interperszonális forgatókönyveknél jobban felidézzük az indokokat (László 1999). Az egyszerű történetek egyszerűségének kulcsa az emberi cselekvések naiv pszichológiájában keresendő: a történet megértése során mozgósítjuk az emberi cselekvés szerveződéséről és a szokásos cselekvési motívumokról szóló naiv szociálpszichológiánkat.

A történetsszerveződés és -megértés mögött álló szándéktulajdonítás az emberi elme moduláris jellemzője, amely igen korán kibontakozik az egyéni élet során (Csibra–Gergely 1998) és összekapcsolódik a perceptuális oksági modellel (Csibra et al. 2000), tulajdonképpen úgy, hogy a történetekre az oksági és az indoklási (intencionális, illetve teleologikus) modellt adaptívan használjuk.

### Az intencionális tulajdonítás összeomlása

Új fordulópontot jelentett ebben a két évtizedes lágy, papír alapú kutatásban, amikor észrevették, hogy ezek a tulajdonítási minták összeomolhatnak. Ez többek között annak a nyelvi koherenciarendszernek a figyelemre méltó felbomlását eredményezi, amely oly döntő jelentőségű a pragmatika szempontjából. A különböző vizsgálatok

nem mindenben vezetnek egyértelmű eredményre: a klinikai disszociációs kutatásban is megjelenik mind a prefrontális, mind a jobb féltekei pragmatika gondolata.

A. *A nyelvi forma és a forgatókönyvszerű ismeret két különálló rendszer: a forgatókönyvszerű tudás mozgósítása a prefrontális területekhez kapcsolódik.* A mai neuropszichológiai kutatások számos forrásból nyertek információt, amelyek viszonylag közvetlenül elkülönítik a szigorúan nyelvi folyamatokat és a magasabb szintű információs összekapcsolást. McDonald (1998) tekinti át a traumatikus agysérülésekkel kapcsolatos vizsgálatokat. Általában érvényes, hogy a prefrontális sérülések következtében a betegek ragaszkodnak a szó szerinti jelentéshez, nem tudják értelmezni például a *beadta a kulcsot* idiómát, és képtelenek egyszerre többféle értelmezést szem előtt tartani. Gondot okoz nekik például a jelentésingadozáson alapuló humor megértése az olyan példákban, mint (15).

(15) János beadta a kulcsot, pedig mindenki otthon volt.

A Salpetrière kórházban ilyen klasszikus megfigyelésekből kiindulva számos különböző módszerrel kimutatták azt, hogy az általuk **menedzseri tudásnak** nevezett tudásfajtának elkülönült leképeződése van az agyban. Mentális funkcióját tekintve ez a „célhierarchiák, időbeli eseménysorok, cselekvések közti oksági hálók, szabályok stb. reprezentációjára használt információs bázis” (Sirigu et al. 1996, 298). Egyik vizsgálatukban a személyeknek forgatókönyvekbe szervezett információt tartalmazó kártyákat kellett szortírozniuk. 20 kártyát kellett prefrontális sérült, hátsó agyi sérült és normális kontrollszemélyeknek besorolniuk négy előre megadott forgatókönyvtípusba, pl. MOZIBA MENÉS, TELEFONÁLÁS, KÁVÉFŐZÉS, PIRÍTÓSKÉSZÍTÉS. A feladatokat időnként elterelő információk tették nehezebbé. A prefrontális betegek általában lassabbak voltak és kisebb hibákat is ejtettek a sorrendezéssel és a határok betartásával összefüggésben. Például a *telefonszám kiválasztását* és a *kagyló felemelését* rossz sorrendben említették, vagy a *kenyérpirító bekapcsolását* is besorolták a KÁVÉFŐZÉShez. Egy másik vizsgálatban (Sirigu et al. 1998) a kettős disszociáció világos eredményét kapták. Amikor Broca-afáziásokat arra kértek, hogy kártyákból készítsenek mondatokat, akkor 64% sorrendezési hibát ejtettek, míg csak 6% történet-sorrendezési hibát. A prefrontális betegek viszont csak 4% mondatrendezési hibát, de 62%-nyi történet-sorrendezési hibát követtek el. Úgy tűnik, hogy a prefrontális területek szélesebb idői ablakot alkalmaznak, mint a Broca-terület, és ez az integrációs ablak felel meg a szövegek világának. Ez nemcsak idői tekintetben tér el a szintaxisban szerepet játszó szekvenciális kérdésektől, hanem azért is, mert összekapcsolja a nyelvi szerveződést az okozás mentális modelljeivel, a természeti okság mentális reprezentációjával (Csibra et al. 2000), és a társas indokokkal is. „A teljesen célirányos cselekvések specifikus mechanizmusokat igényelhetnek, hogy megküzdjünk a kibontakozásuk-

hoz szükséges hosszú távú idői kerettel, míg a szavak összerakása egy mondatalkotási helyzetben jóval kisebb idői ablakban megy végbe” (Sirigu et al. 1998, 771–772).

Ugyanez a csoport fMRI-vizsgálatot is végzett egy metakognitív feladatot használva. Mondatok nyelvtani helyességét kellett megítélni, illetve olyan cselekvési szekvenciák helytállóságát, mint az öltözködés, zuhanyozás stb. (Crozier et al. 1999). A forgatókönyvszerű feldolgozás bizonyos prefrontális területek, valószínűleg a mediofrontális területek kétoldali aktiválásához kapcsolódik. Ugyanakkor a mondattani megítélések a bal oldali Broca-terület aktiválásával függtek össze.

Zalla és munkatársai (1998) azt találták, hogy a Parkinson-kórban szenvedő betegek nem ejtenek kategória-hibákat, és sorrendezési hibákat is viszonylag ritkán. Inkább az egyes (rész)cselekvések viszonylagos súlyát ítélik meg rosszul a bonyolult komplex működés szempontjából véve. Lehet például, hogy úgy gondolják, hogy egy személyzeti döntésben fontosabb a hirdetési kampány, mint a pályázókkal való személyes találkozó.

A hatások egy része régebből is ismert. A. R. Lurija neurolingvisztikai elméletében (1966; 1975) szintén azt hangsúlyozta, hogy a prefrontális területek szerepe embernél a „tervek tervének” kialakítása és képviselete. Lurija ezt többnyire összekapcsolja a nyelv viselkedés fölötti szabályozó szerepével. Prefrontális területek felelősek ezért a szabályozó szerepért, azért, amit ma a viselkedés feletti metakognitív szabályozásnak neveznénk. Ezt a gondolatmenetet Lurija kiterjesztette a nyelv pragmatikai oldalára is. Szövegek szintjén Lurija és munkatársai sajátos moduláris hatásokat mutattak ki prefrontális betegeknél a szövegfeldolgozásban. Bár a betegek többekévvé jól tudták egy szöveg mondatait kezelni, ugyanakkor nem voltak képesek arra, hogy a szöveget mint egészet értelmezzék. Összekeverték az elemek sorrendjét és bizonytalanok voltak a különböző részek jelentőségét illetően. Hasonló zavarok kísérték ezt a több szereplőt és bonyolult emberi cselekedeteket mutató összetett képi információk, például egy baleseti kép értelmezésében is. A nyelvi forma általános megőrzése mellett a betegek elveszítették az átfogó értelmét mind a képeknek, mind a történeteknek. Ugyanakkor velük szembeállítva a hagyományos afáziás zavarokat mutató betegeknél nagy gondok voltak a nyelvi formával, de viszonylag érintetlen volt a képességük az átfogó értelem kialakítására. Vagyis Lurija felfogását értelmezve kettős disszociációs képet kaptunk, amely hasonlít a mai felfogáshoz. Lurija azonban még nem rendelkezett világos elmélettel a prefrontális működésekben részt vevő metasztintú szerveződésekről. Meglehetősen általános fogalmakat használt – mint például a mentális folyamatok szelekciós zavara vagy az „értelem” megszűnése és így tovább – arra, amit ma például az intencionális tulajdonítás zavaraként értelmezünk.

*B. Jobb féltekei pragmatika (?): A pragmatikai aspektusok inkább a jobb féltekéhez kapcsolódnak. Ha a pragmatika helyét moduláris gondolatmenetben tárgyaljuk, akkor megpróbálhatjuk a hagyományos disszociációs felfogást a pragmatikára is alkalmazni.*

Egyszerű javaslat lenne, ha a két félteke nyelvi feldolgozási képességei között hirdetnénk disszociációt, szigorúan analitikus nyelvtanszerű stratégiát rendelve a bal féltekéhez, és egészségesebb, problémamegoldáson alapuló kompenzatorikus összetevőt a jobb féltekéhez. A 25.2. táblázat az ezt alátámasztó eredményeket foglalja össze Chantraine et al. (1998) alapján.

**25.2. táblázat.** Bal féltekei sérült afáziasok és jobb féltekei sérült páciensek szöveg-szerveződésének összehasonlítása

Struktúrátípus	Afázia (bal félteke)	Jobb féltekei sérülés
Narratív szerkezet	ép	sérült: konfabulációk
Forgatókönyvi tudás	ép	??
Következtetések	viszonylag ép	plauzibilitási és szelekciós zavarok
Közvetett kérések	viszonylag ép	súlyosan sérült
Intonáció	??	sérült
Képes beszéd, humor	???	károsodott

Beeman (1993) egyenesen úgy értelmezi ezeket az eltéréseket, hogy a jobb félteke egy átfogóbb, elnagyoltabb szemantikai kódolást ad, amely a tartalmas összefüggéseken alapszik, míg a bal félteke, elsősorban a bal prefrontális területek szerepe az irreleváns asszociátumok kiszűrése a koherencia megteremtése közben.

Dressler és Stark (2000) saját vizsgálatait és az irodalom áttekintése alapján szintén rámutatott, hogy jobb féltekei sérülésnél általában a koherencia zavara lép fel. Mint képértelmezési feladattal is kimutatták azonban, ez nem pusztán azt jelenti, hogy a jobb féltekei sérültek nem tudják mozgósítani a korábbi ismereteket. A jobb féltekei sérült betegek pragmatikai zavar esetén a megfelelő szint kiválasztásával küzdöttek: miközben mozgósították korábbi tudásukat és következtetésre utaló jeleket mutattak, a mozgósított következtetéseket nem tudták ellenőrizni. Itt tehát nem egyszerűen következtetések hiányáról van szó, hanem a perspektíva fenntartásának bonyolult zavaráról.

## A nyelvfeldolgozás átfogó idegtudományi modelljei

### Friederici modellje

Angela Friederici (1999; 2002) feldolgozási modellje összefogja a különböző fázisokat és komponenseket, és neuropszichológiai bizonyítékokkal kiegészítve a feldolgozás elkülönült fázisaihoz kapcsolja őket. Először a szavak szintaktikai kategóriája alapján felépül egy előzetes mondattani szerkezet. Ehhez a tevékenységhez a bal félteke elülső régióinak az aktivitása kapcsolódik (ELAN). A második fázisban a szavakhoz kap-



csolódó lexikai-szemantikai információt (mindkét oldal) és az ige argumentumszerkezetét (bal oldal) hívjuk elő és építjük egybe a mondatban. Ezekhez a folyamatokhoz kapcsolódik az események kiváltotta agyi potenciál N400-komponense. A harmadik fázis a szintaktikai újraelemzés és integráció: ebben a fázisban az előzetes szintaktikai szerkezetet a rendszer összeveti a lexikai, szemantikai és vonzatszerkezeti információval, és ha szükséges, szintaktikai újraelemzést végez. A (16) példában a *könnyű neki megtenni* olvasása az eredetileg a *mindig fut*-tal egy egységnek elemzett *egy kilométert* újraelemzéséhez vezet. Ezt a folyamatot tükrözi a centroparietális eloszlású SPS/P600. Friederici modellje és adatai tehát inkább azokat a szekvenciális moduláris pszicholingvisztikai modelleket támogatják, amelyekben a szintaktikai kategóriákra vonatkozó információ alapján indul a szerkezetépítés, és a többi információ csak később kerül felhasználásra; az elemzés nem az előzőleg már előhívott összes lexikális-szemantikai információ és/vagy az egyes szerkezetek gyakorisága, illetve más kontextushatások alapján zajlik.

(16) Mivel Jani mindig fut egy kilométert könnyű neki megtenni.

Hahne és Friederici (2002) olyan ingersorozattal tesztelték a modellt, ahol az egyik mondatcsoport elemei szintaktikai és szemantikai sértést is tartalmaztak, és ezeket egy-egy szó testesítette meg, mint a (17)–(19) példákban.

(17) *Szintaktikai sértés*: A fiúk megnézte a könyvet.

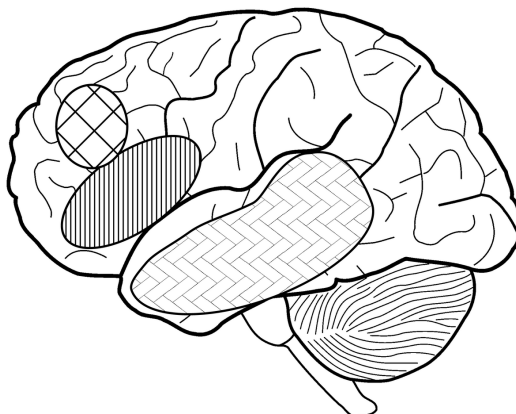
(18) *Szemantikai sértés*: A tölgyfa megnézte a könyvet.

(19) *Kettős sértés*: A tölgyfák megnézte a könyvet.

Önmagában a szemantikai sértés N400-at, önmagában a szintaktikai sértés ELAN-t és P600-at váltott ki, a kettő együttes jelentkezésének következményei pedig ugyanazok voltak, mint önmagában a szintaktikai sértésé: az N400 tehát elmaradt. Egy következő kísérletben ugyanezeket a mondatokat használva a kísérleti személyeket arra kérték, hogy ítéljék meg a mondatokat szemantikai koherencia szempontjából, de a mondattani hibákat hagyják figyelmen kívül. Ebben a helyzetben a kettős sértések bal oldali korai negativitást és N400-at is kiváltottak: az N400 és a második kísérletben kisebb P600 tehát kontrollált, helyzetfüggő kognitív komponenseket tükröznek, míg az ELAN az automatikus szintaktikai feldolgozás korrelátuma lehet.

## A Memória–Unifikáció–Kontroll modell

A Memória–Unifikáció–Kontroll modell (*Memory-Unification-Control*, MUC, Hagoort 2005; l. a 25.2. ábrát) azokra a lexikalista nyelvészeti és interakciós pszicholing-



**25.2. ábra.** Hagoort MUC modelljének 3 része: Emlékezet (parkettamintás): bal temporális kéreg, Unifikáció (csíkos): LIFG, és Kontroll (négyzetrácsos) a dorzolaterális prefrontális kéreg. A képen nem látható anterior cinguláris kéreg is része a Kontroll összetevőnek.

visztikai modellekre épül, amelyek nem szintaxisközpontúak és nem a folyamatok időbeli sorrendezésére helyezik a hangsúlyt, hanem az összes elérhető információ egyesítésére (unifikációjára). Friderici modelljének és a korai moduláris szintaktikai feldolgozásnak ellentmondó eredményük, hogy a szintaktikai szerkezetük szerint kétértelmű, de szemantika által korán egyértelműsített mondatokban (20) ugyanolyan hullámformát figyeltek meg, mint a mondatok szintaktikai szerkezet szempontjából központoszással egyértelműsített (21) párjánál (Hagoort et al. 2005): ez arra utal, hogy a szemantikai információ azonnali felhasználásra kerül, és nincs egy első autonóm szintaktikai elemzés, amit a későbbi információk fényében újraírnánk (a szintaktikai feldolgozás neurális modelljeinek elméleti vitáiról jó összefoglaló a Bickerton és Szathmáry (2009) szerkesztette kötet).

(20) A seriffet látta az indián és az istálló eltakarta a lovakat.

(21) A seriffet látta az indián, és a cowboy észrevette a lovakat.

Hagoort modelljében az IFG a posterior területektől az anterior területekre vezető funkció–hely leképezésekkel „köti össze” a fonológiai, szintaktikai, szemantikai és a világra vonatkozó tudást érintő információkat (Hagoort et al. 2004), és így jöhet létre egy koherens többszavas kijelentés reprezentációja. A korábbi vizsgálatok eredményeit összegezve Hagoort a Wernicke-területet (bal oldali posterior STG) köti a Memória funkcióhoz: ide kapcsolódnak a fonológiai/fonetikai, a lexikai-szemantikai (itt a mediális STG is érintve van) és a lexikális-szintaktikai információhoz kötődő aktivációk. A Kontroll komponens kapcsolja össze a nyelvi reprezentációkat a kommu-

nikációs szándékokkal és a cselekvésekkel, valamint figyelmi kontrollt gyakorol és irányítja például a téma- vagy beszélőváltást.

### Hickok és Poeppel modellje

Hickok és Poeppel (2000; 2004) is szintetizáló szerepet szán az IFG-nek. Elektrofiziológiai és léziós eredményeken alapuló modelljük korai bilaterális, valamint későbbi megosztott unilaterális (bal oldali) aktivitást feltételez a beszéd feldolgozása során. A beérkező jel elsődleges feldolgozása bilaterálisan a posterior superior temporalis lebenyben zajlik. Ez az első állomás a beszéd hangalapú reprezentációjának konstruálásában. Innentől kezdve a feldolgozás két úton halad: egy ventrális és egy dorzális pályán. Mindkét pálya bal féltekei preferenciájú, de nem szigorúan unilaterális: jobb oldali területek is mutatnak nyelvi feldolgozást *split-brain* és nátrium-amitál injekciós vizsgálatokban – ezek a területek azonban csak a viszonylag egyszerű nyelvi ingereket képesek feldolgozni (Wada–Rasmussen 1960; McGlone 1984; Zaidel 1985).

A ventrális rendszer ventrolaterális projekciójú. Ingerületeket továbbít a superior temporalis sulcus, a posterior inferior temporalis lebeny (pITL – ez a középső és alsó temporalis gyrus bizonyos területeit tartalmazza), valamint a parieto-temporo-okcipitális határterület felé. A pITL-területek interfészként működnek a STG hangalapú beszédreprezentációja és az elosztott konceptuális reprezentációk között (Damasio 1989). Vagyis a ventrális pálya biztosítja a szenzoros információ szemantikai tartalmát, a kapcsolódást a mentális lexikonhoz (Hickok–Poeppel 2000). A pszicholingvisztikában ez az interfész felel meg a lemma szintjének (Levelt 1989).

A dorzális rendszer dorzoposterior projekciójú, ingerületeket továbbít parietális és végül frontális területek felé. Korábbi eredmények (Jonides et al. 1998) azt sugallták, hogy a dorzális pálya posterior régiója a posterior parietális lebenyben lokalizálható (Br. 7, 40), újabb eredmények azonban arra utalnak, hogy a kritikus terület a temporális és parietális lebeny határán lévő Sylvius-árok (Spt-terület – Buchsbaum et al. 2001; Hickok et al. 2003). Az Spt-terület így a beszéd auditoros és motoros reprezentációi közötti átalakítást végzi (Hickok–Poeppel 2004). Az inferior parietális és inferior frontális területek pedig explicit hozzáférést biztosítanak a szublexikális beszédsegmensekhez. Vagyis a dorzális rendszer ebben a modellben nem a „hol” információt (Rauschecker 1998) dolgozza fel, és nem is az időbeli változást követi (Belin–Zatorre 2000), hanem a motoros és szenzoros információk kapcsolódási pontja lesz (Hickok–Poeppel 2000), itt történik a szenzorimotoros integráció (Hickok–Poeppel 2004). Bár a modell szerint szoros a kapcsolat a beszédmegértés és a beszédprodukció között, a dorzális rendszer nem kritikus területe a beszédmegértési folyamatnak normál (ökológiaiailag valid) helyzetekben (Hickok–Poeppel 2004). Ezekben a helyzetekben ugyanis nincs szükség a szublexikális beszédsegmensek explicit feldolgozására

(Hickok–Poeppel 2000), a konceptuális-szemantikai hálózat pedig a ventrális rendszerbe tartozik. A modell szerint továbbá a dorzális rendszer szenzorimotoros hurka adja a verbális munkamemória (Baddeley 1992), vagyis az artikulációalapú folyamatok használati képességének (ismétlés) és a hallási reprezentációk aktív tartásának (tárolás) funkcionális anatómiai alapját (Hickok–Poeppel 2004).

A nyelvi pályák dorzális és ventrális elkülönítésével kapcsolatban számos további idegtudományi vizsgálatot végeztek. (A dorzális/ventrális rendszer nyelvi felhasználásának magyar összefoglalására l. Pléh 2009; 2011.) Friederici (2009) alapvető kritikája Hickok és Poeppel modelljével kapcsolatban, hogy a modell nem differenciálja eléggé az inferior frontális területeket, miközben azok sejt szerkezetileg is határozottan elkülönülnek egymástól. Ilyen módon az IFG három területre osztható fel: az első terület a Broca-régió anterior része, a BA44-es terület, a második a Broca-régió posterior része, a BA45, míg a harmadik az IFG legposteriorabb része, a frontális operculum.

Friederici (2009) két dorzális és két ventrális pályát ír le, a dorzális pályák az IFG anterior részéből indulnak ki, míg a ventrális pályák kiindulási pontja a posterior IFG. A dorzális pályák célpontja a posterior STG-ben van, míg a ventrális pályáké az anterior STG-ben. A négy pályát (22) mutatja be. A ventrális és dorzális pályákkal kapcsolatos funkcionális vizsgálatokat összefoglalva (Catani et al. 2005 és Glasser–Rilling 2008 alapján Friederici 2009) azt találhatjuk, hogy a dorzális pályáknak általában fonológiai, míg a ventrális pályáknak lexikai-szemantikai funkciókat tulajdonítanak. Ezzel szemben Friederici (2002) szerint a három IFG-terület funkcionálisan úgy különíthető el, hogy a BA 44 a hierarchikus struktúrák feldolgozásában, az FO a lokális struktúrák feldolgozásában, míg a BA45 a kontrollált szemantikus folyamatokban vesz részt.

(22) a. Dorzális pályák:

1. BA44 – Fasciculus Arcuatus (Broca-és Wernicke-törés) – Wernicke
2. BA44 – Fasciculus Longitudinalis Superior – posterior temporalis lebeny, BA40 és laterális STG és MTG

b. Ventrális pályák:

1. BA45 – Fasciculus Uncinatus – anterior STG
2. BA45 – Ventrális Capsula Extrema – anterior STG

## A deklaratív/procedurális modell

A deklaratív/procedurális modell (Ullman 2001) feltevése szerint a nyelvi folyamatok mögött két alapvetően eltérő rendszer, a mentális lexikon és a mentális nyelvtan áll, amelyek két nagy emlékezeti rendszerhez, a deklaratív és a procedurális memóriához kötődnek (a deklaratív/procedurális modellről l. még kötetünk 16. fejezetét).

A mentális lexikon, amely a szavak hangalakját és jelentését, a toldalékokat, továbbá olyan információkat tartalmaz, amelyek nem vezethetők le szabályok segítségével (argumentumok, kivételes toldalékolású alakok, idiómák), a deklaratív emlékezeti rendszerhez tartozik. Ez felelős a hagyományos, iskolai értelemben vett tanulásért, a reprezentációk létrejöttéért és a szemantikus és epizodikus tudásért. A rendszer által tárolt információk általában tudatosan hozzáférhetők, továbbá elérhetők más mentális rendszerek számára is. Működése elsősorban a mediális temporális lebeny struktúráin alapul, ami az emlékek, illetve a szavak kódolásáért, konszolidációjáért és az új emlékek előhívásáért felelős. A függetlenedett reprezentációk tárolásában pedig egyéb, elsősorban temporális területeknek van fontos szerepe. Ezen kívül a deklaratív tudás kezelésében egyéb területek is részt vesznek. A kódolásáért és a deklaratív tudás szelekciójáért és előhívásáért a ventrolaterális prefrontális kéreg, az emlékek előhívásáért és az előhívás monitorozásáért az anterior frontális-poláris kéreg, keresési és előhívási folyamatokért pedig a kisagy lehet felelős. A két emlékezeti rendszerrel kapcsolatban nemcsak funkcionális, illetve neuroanatómiai, hanem sejt- és molekuláris szintű vizsgálatok is történtek. Ezek eredménye szerint a deklaratív emlékezeti és hippocampális folyamatokban az acetilkolin kiemelt szerepet játszik, továbbá az ösztrogénnek is fontos szerepe lehet a rendszer működésében. Erre utaló eredmény például, hogy a menstruációs ciklus azon szakaszaiban, amikor magasabb az ösztrogénszint – vagy hormonkezelésből adódó magasabb ösztrogénszint esetén – javul a nők verbális fluenciája (Hampson 1990; Maki et al. 2002). Szintén az ösztrogén deklaratív memóriában játszott szerepét támogatja, hogy menopauza utáni korban lévő nőknél az ösztrogénnel kezelt csoportnál nagyobb aktivitás jelentkezett a mediális temporális lebenyben, mint azoknál, akik nem kaptak ilyen jellegű kezelést (Maki-Resnick 2000; Resnick et al. 1998).

A deklaratív rendszerrel szemben a procedurális rendszer áll, amely olyan implicit tanulási és emlékezeti folyamatokat foglal magában, amelyek új kognitív és motoros készségek elsajátításáért, illetve a már megtanult készségek irányításáért felelősek. Ehhez a rendszerhez tartozik a mentális nyelvtan is, amely a nyelv különböző szintjein (szintaxis, morfológia, fonológia) megjelenő szabályalapú működések elsajátításában és használatában játszik kiemelt szerepet, így végtelen számú nyelvi megnyilatkozás létrehozását és megértését teszi lehetővé. A procedurális tudás, így a mentális nyelvtan a deklaratív tudással, illetve a mentális lexikon reprezentációival szemben tudatosan nem hozzáférhető, és egyéb mentális rendszerek számára sem elérhető. Kiemelt szerepet játszanak a procedurális működésekben a frontális területek és a bazális ganglionok, valamint a parietális kéreg, a superior temporális kéreg és a kisagy is hozzájárul a rendszer működéséhez. A bazális ganglionok a szekvenciális vagy hiererchikusan szervezett nyelvi vagy egyéb reprezentációk szelekciójában, munkamemóriában való megtartásában és a köztük való váltásban, illetve a reprezentációk fölötti szabályok tanulásában játszanak kiemelt szerepet. A frontá-

lis területek közül a Broca-terület, a szupplementer motoros terület (*supplementary motor area, SMA*) és a pre-SMA köthető a nyelvtannal kapcsolatos működésekhez. Különösen fontos a Broca-terület, amely a bazális ganglionokhoz hasonlóan a komplex nyelvi struktúrák szelekciójában és munkamemóriában való tárolásában, illetve a szabályalapú szekvenciális és hierarchikus szerkezetek mintázatainak tanulásában és feldolgozásában vesz részt (Ullman 2004).

A procedurális/deklaratív modellt képalkotó eljárások és ERP-kísérletek eredményei is támogatják, ezen túl különböző neuropszichológiai zavarok, illetve más, nyelvvel kapcsolatos jelenségek magyarázatára is alkalmasnak bizonyult. Bizonyos fejlődési zavarokban megjelenő tüneteket vagy azok egy részét a procedurális emlékezetet támogató hálózat valamely részrendszerének diszfunkciójával magyarázza az elmélet. A specifikus nyelvfejlődési zavart (SNYZ) mutató gyerekeknél a nyelvi képességben jelentkeznek problémák úgy, hogy a hallás ép és nincs jelen neurológiai sérülés, értelmi sérülés vagy súlyos környezeti ingermegvonás (Leonard 1998). Elsősorban a szabályalapú szintaktikai és morfológiai folyamatokban jelenik meg átlag alatti teljesítmény, de ezen túl egyéb procedurális rendszert érintő nem nyelvi problémák is megfigyelhetők: például a szekvencia- és mozgásszervezés, munkamemória és a végrehajtó funkciók területén (Ullman–Pierpont 2005). A diszlexia és a figyelemhiányos hiperaktivitás zavar (*attention deficit hyperactivity disorder, ADHD*) esetében a procedurális rendszeren alapuló munkamemória zavara az egyik jellemző tünet, azonban más nem nyelvi és nyelvi, a procedurális rendszert érintő problémák is megjelennek. A Tourette-szindróma – amelynek fő tünetei az akaratlan motoros és verbális megnyilvánulások (tikek) – szintén tekinthető a procedurális rendszer zavarának. A legátolatlan cselekvésekhez a bazális ganglionok abnormális működése vezet, ami ezen túl a nyelvtani működéseket is érinti: ebben az esetben azonban a sérülés nem hibás alakok létrehozásához, hanem a szabályalapú folyamatoknak az átlagostól szignifikánsan gyorsabb működéséhez vezet (Walenski et al. 2007). A deklaratív rendszeren alapuló működések a procedurális folyamatokkal szemben mindig egyik esetben épek maradnak.

Egyes felnőttkorban jellemző szerzett zavarok szintén tekinthetők az egyik emlékezeti rendszer szelektív sérülésének. A szintaktikai és morfológiai, fonológiai és szóelőhívási deficiteket mutató nonfluens afázia a procedurális, míg a szójelentés és hangalak produkciójának és megértésének zavarával jellemzett fluens afázia a deklaratív rendszer sérüléseként kezelhető a modell keretében. Ezt támogatja az a megfigyelés, hogy a nonfluens afáziát mutató személyek esetében gyakran megjelennek egyéb, a procedurális rendszerhez köthető problémák is, mint az artikulációs zavarok vagy szekvenciákat tartalmazó komplex motoros képességek kivitelezési zavarai, a deklaratív rendszer alapjául szolgáló sérülések pedig a konceptuális tudás előhívásának problémájához vezetnek (Ullman et al. 2005). Az Alzheimer-kór és a szemantikus demencia esetében a lexikális és konceptuális tudással kapcsolatos problémák

jelentkeznek, ami a deklaratív rendszer zavarának tekinthető, míg a Parkinson-kór és a Huntington-kór esetében elsősorban motoros problémák jellemzőek, de a procedurális rendszert érintő nyelvi zavarok is megfigyelhetők, ami a modell keretében procedurális zavarként értelmezhető (Ullman 2004, magyar nyelven: Ullman et al. 1999; I. még kötetünk 16. fejezetét).

A DP modell ezen túl magyarázatot kínál a nyelvi képességek számos kutató által megfigyelt nemek közti különbségeire is. Az eredmények arra utalnak, hogy a nők azokban a nyelvi feladatokban jobbak, amelyek a mentális lexikon rendszerére támaszkodnak, továbbá jobban teljesítenek a férfiaknál egyéb (nem nyelvi) deklaratív működéseket igénylő feladatokban is, ami a deklaratív rendszer magasabb fokú fejlettségével magyarázható. A feltevést támogatják a deklaratív rendszerrel kapcsolatos molekuláris szintű ismeretek is: a deklaratív rendszerben fontos szerepet játszó ösztrogén szintje magasabb a nők esetében már a pubertáskor előtt is (pl. Cutler 1997; Bay et al. 2004). Anatómiai és ebből adódó funkcionális különbségek is a férfi és női deklaratív rendszer különbségeire utalnak. A lányok hippocampusza gyorsabb ütemben fejlődik az agy többi részéhez viszonyítva a fiúkéhoz képest 1 és 16 év között (Pfluger et al. 1999). 18 és 42 év között pedig a férfiak hippocampuszának mérete folyamatosan csökken, a nőkének a nagysága azonban nem (Pruessner et al. 2001). Ez magyarázhatja azt az eredményt, hogy a férfiak verbális epizodikus memóriája romlik 16 és 47 éves kor között, a nőké viszont nem (Kramer et al. 2003).

A modell az idegennyelv-tanulásra (L2) és annak az anyanyelv-elsajátítással való viszonyára is alkalmazható (I. kötetünk 14. fejezetét). A deklaratív és procedurális képességek az élet során különböző mértékben változnak: A deklaratív tanulási képesség folyamatosan fejlődik gyerekkorban, korai felnőttkorban éri el csúcspontját, majd fokozatosan romlani kezd (DiGiulio et al. 1994; Vaidya et al. 2007). Ezzel szemben a procedurális memória viszonylag korán kialakul, majd csupán kis mértékben változik; bizonyos kutatók szerint a képesség csökkenése figyelhető meg felnőttkorban (Dorfberger et al. 2007; Siegel 2001). Így a két rendszert különböző mértékben használjuk a nyelvtanulásban az élet korai szakaszában elsajátított L1 és a később tanult L2 esetében. Míg a lexikális információkat hasonló módon sajátítjuk el a deklaratív rendszer segítségével a L1 és az L2 esetében, a szabályalapú információknál különbség jelenik meg: az L2 tanulásakor ebben az esetben is nagymértékben támaszkodunk a deklaratív rendszerre, az L1 esetében viszont elsősorban a procedurális rendszer felelős ezekért a működésekért. Így az L2 tanulás során szabályok segítségével létrehozható komplex alakokat is egészen teljesen tárolunk a deklaratív rendszerben. Fontos azonban megjegyezni, hogy gyakorlással proceduralizálódhat a tudás, tehát az L2 használata során is szerepet kap a procedurális rendszer (Ullman 2005). Így bár nagyobb mértékben, esetlegesen hosszabb ideig támaszkodunk a deklaratív rendszerre az L2 tanulása és használata során, a folyamat alapvetően hasonló az L1 és az L2 esetében is (Morgan-Short–Ullman 2012).

## Végrehajtó funkciók és nyelv

A kommunikáció során a beszélőnek, illetve a hallgatónak más mentális tevékenységekhez hasonlóan gondolatait és cselekvéseit a céljainak megfelelően össze kell hangolnia. Sokszor többféle viselkedéses válaszlehetőség aktiválódik a nyelvi produkció során, illetve a bejövő információk a nyelvi input többféle jellemzését teszik lehetővé. Ilyenkor az egymással konfliktusban álló információkból ki kell választani az aktuálisan helyes választ vagy jellemzést és le kell gátolni az aktuálisan helyteleneket. Egyre több vizsgálat támogatja azt a feltételezést, hogy ezek a nyelvvel kapcsolatos folyamatok ugyanazokon az agyi struktúrákon alapulnak, mint az általános végrehajtó folyamatok, amelyek a célvezérelt viselkedésért, az alacsonyabb rendű szenzoros és motoros folyamatok koordinálásáért felelősek és amelyeknek a kivitelezése a prefrontális kéreg struktúráira támaszkodik (Miller–Cohen 2001). Novick és kollégái több vizsgálatban tanulmányozták a végrehajtó funkciók és a nyelv kapcsolatát, elsősorban a ventrolaterális prefrontális kéreg (VLPFC), azon belül is bal alsó frontális tekervény (*left inferior frontal gyrus*, LIFG) funkcióját (pl. Novick et al. 2005; 2009; 2010). Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy a LIFG aktív általános kontrollt igénylő feladatok során, például a Stroop-teszt vagy a flanker-teszt inkongruens feltételében (ilyenkor a Stroop-tesztben a színnév nem a megnevezett színnel jelenik meg, pl. a *zöld* szót látja a vizsgálati személy sárga színnel írva, és a szó színének kiválasztásához le kell gátolnia az automatikusan aktiválódott szójelentést; a flanker-tesztben a célingerként középen megjelenő nyíllal ellentétes irányú nyilak jelennek meg a célinger körül, így az azok által aktivált reprezentációkat le kell gátolni) a kongruens feltételhez képest (amikor a *zöld* szót zölden látja a résztvevő a Stroop-tesztben és nem jelennek meg zavaró ingerek a flanker-tesztben; pl. Milham et al. 2003). Emellett, ahogy arról a fejezetben már többször is szó volt, több nyelvi funkció kivitelezését is e területnek tulajdonították (pl. artikuláció, szintaktikai műveletek), különösen az azon belül található Broca-régiónak, mivel a nyelvi működések során aktív, illetve a sérülése nyelvi deficitekhez vezethet. A Broca-terület aktivációját nyelvi működésekkel magyarázó elméleteket azonban neuropszichológiai esettanulmányok és képalkotó eredmények is megkérdőjelezzik. Broca-sérült betegeknél sokszor nem jelentkezik probléma a Broca-területnek tulajdonított nyelvi funkciókkal kapcsolatban, továbbá egészséges személyeknél sem mindig aktiválódik a terület az említett nyelvi folyamatok végrehajtása során (pl. artikuláció: Barde–Thompson–Schill 2002; szintaktikai műveletek: Friederici 2002; Kaan–Swaab 2002; munkamemória: D’Esposito–Postle 1999). Novick et al. (2005) olyan elméletet javasol, amely megmagyarázza a LIFG kontrollfolyamatokban és a nyelvben játszott szerepét, illetve az adatok változatosságát. Eszerint a LIFG feladata a versengő reprezentációk közti konfliktusok feloldása és csak azokban az esetekben jelentkezik aktiváció a területen nyelvi feladatok közben, amikor ilyen konfliktusfeloldó működésekre van szükség.



A **beszédprodukcióban** konfliktus jelenhet meg például a szóelőhívás folyamata során. Egy szó előhívásakor sokszor több versengő alternatíva áll rendelkezésünkre, amelyeket le kell gátolnunk ahhoz, hogy a kívánt szót kimondjuk. Ennek a gátlásnak a sikertelenségét tapasztalhatjuk időnként spontán beszédünkben, amikor egy másik szót mondunk ki a tervezett szó helyett. Ez a helyzet kísérleti körülmények között például képmegnevezési feladattal vizsgálható (Kan–Thompson–Schill 2004; Schnur et al. 2009). A versengő alternatívák jelenléte, azaz a konfliktus manipulálható egyrészt a kép lehetséges megnevezéseinek számával: a több megnevezéssel rendelkező képeknél (pl. *lábás, edény, fazék*) – az egyetlen, egyértelmű megnevezéssel rendelkező képekkel (pl. *csúszda*) szemben – le kell gátolni a versengő alternatívákat. Képzőképző eredmények szerint a LIFG aktív a több névvel rendelkező képek megnevezésekor az egy névvel rendelkezőkhöz képest, ami támogatja a feltételezést, hogy a konfliktusfeloldásért felelős a terület (Kan–Thompson–Schill 2004). Konfliktus előidézhető kísérleti helyzetben a képek kontextusának manipulációjával is. Ha a képek azonos kategóriájú szavak környezetében jelennek meg (pl. *csúszda, hinta, mászóka...*), konfliktus lép fel az előzetesen megnevezett, ezért aktív azonos kategóriájú szavak és az aktuálisan produkálandó szó között. Ezzel szemben amennyiben más kategóriájú szavakkal együtt szerepelnek (pl. *csúszda, zászló, vasaló...*), nincs ilyen mértékű konfliktus, mivel nincs vagy kisebb az előhívott reprezentációk között a részleges átfedés. Schnur et al. (2009) eredményei szerint ebben a feladatban szintén aktív a LIFG a konfliktusfeltételben a kontrollfeltételhez képest egészséges személyeknél. Továbbá LIFG-sérült afáziásoknál jelentős reakcióidő-növekedés és hibázások jelentek meg a konfliktusfeltételben, ami szintén támogatja a LIFG által kivitelezett kontroll nyelvi folyamatokban játszott szerepét.

A végrehajtó funkcióknak a **mondatmegértésben** is kiemelt szerep juthat. A mondatfeldolgozás újabb elméletei szerint a szavak felismerésekor automatikusan aktiválódnak különféle hozzájuk kötődő nyelvi információk, amelyek meghatározzák, hogy az adott szó hogyan integrálható a mondat egészébe (Novick et al. 2003; Trueswell–Tanenhaus 1994; MacDonald et al. 1994). Mivel a szavak által aktivált szintaktikai információk alapján bizonyos mondatrészek többféleképpen elemezhetők, egyes mondatok ideiglenesen vagy a mondat befejeződése után is több szintaktikai jellemzéssel rendelkezhetnek, amelyek különböző mértékben aktiválódnak gyakorisági tényezőktől függően. Ilyenkor a leggyakoribb (legaktívabb) elemzés alapján értelmezzük a mondatot, amennyiben nem jelenik meg ennek ellentmondó információ. Ha azonban a legnagyobb mértékben aktiválódott elemzésnek ellentmondó, egy másik elemzést támogató információt kap a rendszer, a helytelennek bizonyult elemzést le kell gátolni a mondat megfelelő értelmezéséhez. Erre a témával kapcsolatos szakirodalom leggyakrabban a **kerti ösvény mondatokat** idézi példaként, amelyeknek a megértése során képzőképző eredmények szerint aktiválódik a kontrollért felelős LIFG (January et al. 2009; Ye–Zhou 2009). Például az *A fiú látta a könyvet*

már *kikölcsönözték* mondatban *A fiú látta a könyvet* pontig az *a könyvet* frázist a *látta* tárgyaként kezelő elemzés a legaktívabb, azonban a *kikölcsönözték* megjelenésével ez helytelennek bizonyul, és le kell gátolni, hogy az a kevésbé aktív elemzés kerüljön alkalmazásra, amelyben az alárendelt mondat *kikölcsönözték* igéjének tárgya *a könyvet*. Egy mondat elemzését szemantikai és kontextuális információk is befolyásolhatják. Egyrészt a szavak közötti szemantikai inkompatibilitás csökkentheti a kétértelműséget. Például az *A férfi elfogadta a pénzt nem költheti el* mondat kétértelmű a *nem költheti el* frázis megjelenéséig, ugyanakkor az azonos szerkezetű *A férfi elfogadta a tornádót nem állíthatja meg* mondat esetében kisebb a kertiösvény-hatás, mivel a *tornádó* szemantikailag helytelen tárgya az *elfogad* igének. Ezen túl a kontextus is befolyásolhatja a mondat megértését. Az angol *Put the apple on the towel into the box* 'Tedd a kendőn lévő almát a dobozba' szintén kétértelmű (a másik: 'Tedd az almát a kendőre') az *into the box* 'a dobozba' frázis megjelenéséig. Azonban teremthető olyan kontextus, amely az *on the towel* frázis módosító szerepű értelmezését ('a kendőn lévő') támogatja, így ezt az értelmezést fogja előnyben részesíteni a rendszer. Ilyen kontextus például, ha két almát lát a hallgató, amelyek közül az egyik egy kendőn van (Novick et al. 2004).

A modellt neuropszichológiai adatok is támogatják, illetve alkalmazható a különböző neuropszichológiai zavarok esetében megjelenő deficitok magyarázatára. Ahogy már említettük, azoknál az afáziásoknál, akiknél a LIFG-t érte károsodás, hagyományosan specifikus nyelvi deficitként értelmezik az átlag alatti teljesítményt. A modell szerint azonban a versengő reprezentációkat kezelő kontrollműködések sérülésével magyarázhatók a tünetek, mivel az ilyen jellegű folyamatokat igénylő feladatokban mutatnak átlag alatti teljesítményt a LIFG-sérült betegek. Más típusú zavarok szintén arra utalnak, hogy a kontrollfunkciók szerepet játszanak a nyelvi folyamatokban, mivel a kontrollt érintő zavarokban nyelvi deficit is megfigyelhető. A Parkinson-kór neurodegeneratív betegség, amelynek fő tünetei motoros problémák (tremor, rigiditás, bradykinesia), és háttérben a dopaminhiány áll (Colman et al. 2011). Megfigyelték azonban, hogy az elsősorban jellemző motoros tünetek mellett különféle kognitív és nyelvi problémák is megjelennek a Parkinson-kóros betegeknél. A végrehajtó funkciókat vizsgáló feladatokban és a feltételezhetően végrehajtó funkciókat igénylő nyelvi feladatokban is az átlagos alatti teljesítményt nyújtottak a betegek, ami támogatja azt a nézetet, hogy a végrehajtó funkciók sérülése felelős lehet nyelvi problémákért (Colman et al. 2011). Az ADHD esetében szintén azt találta több kutató, hogy a végrehajtó funkciók és a nyelv sérülése is megfigyelhető a figyelmi problémák mellett. Bár a kérdést egyelőre viszonylag kevés tanulmány vizsgálja, az eredmények ebben az esetben is támogatják a végrehajtó funkciók és a nyelvi képességek összefüggéseit (Tannock–Schachar 1996). A specifikus nyelvfejlődési zavar esetében kezdetben a nyelv kizárólagos sérülését feltételezték, később egyre inkább elfogadottá vált, hogy nem nyelvi képességek (pl. munkamemória, motoros képes-

ségek, procedurális memória, végrehajtó funkciók) zavarai is megjelenhetnek benne (Leonard 1998; Ullman–Pierpont 2005; Henry et al. 2012). Mivel a nyelvet, illetve a kontrollt érintő problémák gyakran fordulnak elő együtt a nyelvi zavar esetén, feltételezhető, hogy a kontrollfolyamatok sérülése lehet felelős egyes nyelvi problémákért (Henry et al. 2012; az SNYZ-ről l. a 29. fejezetet).

## Összefoglalás

A nyelv idegtudományi kutatása során már rengeteg adat halmozódott fel. Lassan kezd egységes kép felrajzolódni a különböző nyelvi funkcióknak megfelelő idegi struktúrákról, pályákról és mechanizmusokról, és az nyelv idegtudományi modelljei ma már pszichológiai és nyelvészeti modellekhez is kapcsolódnak. Ez fontos előrelépés: a kutatások így már eltávolodhatnak attól a szemlélettől (amelynek köszönhetően a modellek alapját képező óriási adathalmaz létrejött), hogy részfeladatokat kapcsolnak egyes agyterületekhez, és a nyelvi funkciókat szélesebb kontextusban, a pályákat is figyelembe véve tudják versengő modellekbe építeni.

## Hivatkozások

- Baddeley, A. D. 1992. Working memory. *Science* 255: 556–559.
- Bánréti Z. (szerk.) 1999. Nyelvi struktúrák és az agy. Neurolingvisztikai tanulmányok. Budapest: Corvina.
- Barde, L. H. F. – S. L. Thompson-Schill 2002. Models of functional organization of lateral prefrontal cortex in verbal working memory: Evidence in favor of the process model. *Journal of Cognitive Neuroscience* 14: 1054–1063.
- Barrett, S. E. – M. D. Rugg 1990. Event-related potentials and the semantic matching of pictures. *Brain and Cognition* 14: 201–212.
- Barrett, S. E. – M. D. Rugg – D. I. Perrett 1988. Event-related potentials and the matching of familiar and unfamiliar faces. *Neuropsychologia* 26: 105–117.
- Bay, K. – A.-M. Andersson – N. E. Skakkebaek 2004. Estradiol levels in prepubertal boys and girls – analytical challenges. *International Journal of Andrology* 27: 266–273.
- Beauregard, M. – H. Chertkow – D. Bub – S. Murtha – R. Dixon – A. Evans 1997. The neural substrate for concrete, abstract, and emotional word lexicon. A Positron Emission Tomography study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 9: 441–461.
- Beeman, M. 1993. Semantic processing in the right hemisphere may contribute to drawing inferences from discourse. *Brain & Language* 44: 80–120.
- Belin, P. – R. J. Zatorre 2000. “What”, “where” and “how” in auditory cortex. *Nature Neuroscience* 3: 965–966.

- Bentin, S. – G. McCarthy – C. C. Wood 1985. Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 60: 343–355.
- Bickerton, D. – E. Szathmáry (szerk.) 2009. *Biological foundations and origin of syntax*. Cambridge MA: MIT Press.
- Bierwisch, M. 1999. Words in the brain are not just labelled concepts. *Behavioral and Brain Sciences* 22: 280–282.
- Brink, D. van den – C. M. Brown – P. Hagoort 2006. The cascaded nature of lexical selection and integration in auditory sentence processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 32: 364–372.
- Brown, C. – P. Hagoort 1993. The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience* 5: 34–44.
- Buchsbaum, B. – C. Humphries – G. Hickok 2001. A new perspective on the functional anatomy of phonological working memory: fMRI investigations. *Cognitive Neuroscience Society Eighth Annual Meeting Program*, 87.
- Bybee, J. L. 1995. The semantic development of past tense modals in English. In: J. L. Bybee – S. Fleischman (szerk.): *Modality in grammar and discourse*. Amsterdam & Philadelphia: John Benjamins. 503–517.
- Caplan, D. – N. Alpert – G. Waters 1998. Effects of syntactic structure and propositional number on patterns of regional cerebral blood flow. *Journal of Cognitive Neuroscience* 10: 541–552.
- Caplan, D. – N. Alpert – G. Waters 1999. Pet studies of syntactic processing with auditory sentence presentation. *Neuroimage* 9: 343–351.
- Caplan, D. – N. Alpert – G. Waters – A. Olivieri 2000. Activation of Broca's area by syntactic processing under conditions of concurrent articulation. *Human Brain Mapping* 9: 65–71.
- Caramazza, A. 1994. Parallels and divergences in the acquisition and dissolution of language. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 346: 121–127.
- Caramazza, A. – A. E. Hillis 1991. Lexical organization of nouns and verbs in the brain. *Nature* 349: 788–790.
- Caramazza, A. – J. R. Shelton 1998. Domain-specific knowledge systems in the brain the animate–inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience* 10: 1–34.
- Catani, M. – D. K. Jones – D. H. Ffytche 2005. Perisylvian language networks of the human brain. *Annals of Neurology* 57: 8–16.
- Chantraine, Y. – Y. Joanne – D. Carbedat 1998. Impairments of discourse-level representation & processes. In: Stemmer – Whitaker (1998, 261–274).
- Chwilla, D. J. – C. Brown – P. Hagoort 1995. The N400 as a function of level processing. *Psychobiology* 32: 274–285.
- Clahsen, H. 1999. Lexical entries and rules of language: A multidisciplinary study of German inflection. *Behavioral and Brain Sciences* 22: 991–1013.
- Clifton, C. – L. Frazier – K. Rayner (szerk.) 1994. *Perspectives on sentence processing*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Colman, K. S. F. – J. Koerts – L. A. Stowe – K. L. Leenders – R. Bastiaanse 2011. Sentence comprehension and its association with executive functions in patients with Parkinson's disease. *Parkinson's Disease* 2011: article ID 213983.
- Coltheart, M. 1980. Deep dyslexia: A review of the syndrome. In: M. Coltheart – K. E. Patterson – J. C. Marshall (szerk.): *Deep dyslexia*. London: Routledge and Kegan Paul. 326–380.

- Connolly, J. F. – N. A. Phillips 1994. Event-related potential components reflect phonological and semantic processing of the terminal word of spoken sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience* 6: 256–266.
- Connolly, J. F. – N. A. Phillips – K. A. Forbes 1995. The effects of phonological and semantic features of sentence-ending words on visual event-related brain potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 94: 276–287.
- Connolly, J. F. – S. H. Stewart – N. A. Phillips 1990. The effects of processing requirements on neurophysiological responses to spoken sentences. *Brain & Language* 39: 302–318.
- Crozier, S. – A. Sirigu – S. Lehericy – P. F. van de Moortele – B. Pillon – J. Grafman – Y. Agid – B. Dubois – D. LeBihan 1999. Distinct prefrontal activations in processing sequence at the sentence and script level: An fMRI study. *Neuropsychologia* 37: 1469–1476.
- Cutler, G. B. J. 1997. The role of estrogen in bone growth and maturation during childhood and adolescence. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 61: 141–144.
- Csibra G. – Gergely Gy. – Nádasdy Z. 2000. Az oksági gondolkodás perceptuális alapjai. In: Pléh Cs. – Kampis Gy. – Csányi V. (szerk.): *A megismeréskutatás útjai*. Budapest: Akadémiai Kiadó. 52–74.
- Csibra G. – Gergely Gy. 1998. A mentális viselkedésmagyarázatok teleológiai gyökere: egy fejlődéslélektani hipotézis. *Magyar Pszichológiai Szemle* 54: 369–378.
- Damasio, A. R. 1989. The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Computation* 1: 123–132.
- Damasio, A. R. – D. Tranel 1993. Nouns and verbs are retrieved with differently distributed neural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 90: 4957–4960.
- Damasio, H. – T. J. Grabowski – D. Tranel – R. D. Hichwa – A. R. Damasio 1996. A neural basis for lexical retrieval. *Nature* 380: 499–505.
- Dapretto, M. – S. Y. Bookheimer 1999. Form and content: Dissociating syntax and semantics in sentence comprehension. *Neuron* 24: 427–432.
- Demonet, J. F. – F. Chollet – S. Ramsay – D. Cardebat – J. L. Nespoulous – R. Wise – A. Rascol – R. Frackowiak 1992. The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects. *Brain* 115: 1753–1768.
- Demonet, J. F. – C. Price – R. Wise – R. S. Frackowiak 1994. Differential activation of right and left posterior sylvian regions by semantic and phonological tasks: A positron-emission tomography study in normal human subjects. *Neuroscience Letters* 182: 25–28.
- Dennis, M. 1976. Dissociated naming and locating of body parts after left anterior temporal lobe resection: An experimental case study. *Brain & Language* 3: 147–163.
- D’Esposito, M. – B. R. Postle 1999. The dependence of span and delayed-response performance on prefrontal cortex. *Neuropsychologia* 37: 1303–1315.
- DiGiulio, D. V. – M. Seidenberg – D. S. O’Leary – N. Raz 1994. Procedural and declarative memory: A developmental study. *Brain and Cognition* 25: 79–91.
- Dogil, G. – H. Ackermann – W. Grodd – H. Haider – H. Kamp – J. Mayer – A. Riecker – D. Wildgruber 2002. The speaking brain: A tutorial introduction to fMRI experiments in the production of speech, prosody and syntax. *Journal of Neurolinguistics* 15: 59–90.
- Dorfberger, S. – E. Adi-Japha – A. Karni 2007. Reduced susceptibility to interference in the consolidation of motor memory before adolescence. *PLoS ONE* 2: 1–6.
- Dressler, W. U. – H. Stark 2000. Clinical impairments of text pragmatics: Linguistic or cognitive? Előadás. 7th International Pragmatics Conference, Budapest.

- Embick, D. – A. Marantz – Y. Miyashita – W. O’Neil – K. L. Sakai 2000. A syntactic specialization for Broca’s area. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97: 6150–6154.
- Ferstl, E. C. – D. Y. von Cramon 2001. The role of coherence and cohesion in text comprehension: An event-related fMRI study. *Cognitive Brain Research* 11: 325–340.
- Forkstam, C. – P. Hagoort – G. Fernandez – M. Ingvar – K. M. Petersson 2006. Neural correlates of artificial syntactic structure classification. *Neuroimage* 32: 956–967.
- Friederici, A. D. 1999. A szintaktikai aktiváció időbeli lefolyása a nyelvi feldolgozásban: neuropszichológiai és neurofiziológiai adatokon alapuló modell. In: Bánréti (1999, 417–443).
- Friederici, A. D. 2002. Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences* 6: 78–84.
- Friederici, A. D. 2004. Event-related brain potential studies in language. *Current Neurology and Neuroscience Reports* 4: 466–470.
- Friederici, A. D. 2009. Pathways to language: fiber tracts in the human brain. *Trends in Cognitive Sciences* 13: 175–181.
- Friederici, A. D. – A. Hahne – D. Y. von Cramon 1998. First-pass versus second-pass parsing processes in a Wernicke’s and a Broca’s aphasic: Electrophysiological evidence for a double dissociation. *Brain & Language* 62: 311–341.
- Friederici, A. D. – A. Hahne – A. Mecklinger 1996. Temporal structure of syntactic parsing: Early and late event-related brain potential effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 22: 1219–1248.
- Friederici, A. D. – S. A. Kotz 2003. The brain basis of syntactic processes: Functional imaging and lesion studies. *Neuroimage, Supplement* 1: 8–17.
- Friederici, A. D. – A. Mecklinger 1996. Syntactic parsing as revealed by brain responses: First-pass and second processes. *Journal of Psycholinguistic Research* 25: 157–176.
- Friederici, A. D. – M. Meyer – D. Y. von Cramon 2000. Auditory language comprehension: An event-related fMRI study on the processing of syntactic and lexical information. *Brain & Language* 75: 289–300.
- Friederici, A. D. – J. Weissenborn 2007. Mapping sentence form onto meaning: The syntax–semantics interface. *Brain Research* 1146: 50–58.
- Frith, C. D. – K. J. Friston – P. F. Liddle – R. S. Frackowiak 1991. A PET study of word finding. *Neuropsychologia* 29: 1137–1148.
- Gerfo, E. L. – M. Oliveri – S. Torriero – S. Salerno – G. Koch – C. Caltagirone 2008. The influence of rTMS over prefrontal and motor areas in a morphological task: Grammatical vs. semantic effects. *Neuropsychologia* 46: 764–770.
- Glasser, M. F. – J. K. Rilling 2008. DTI tractography of the human brain’s language pathways. *Cerebral Cortex* 18: 2471–2482.
- Goodglass, H. – M. R. Hyde – S. Blumstein 1969. Frequency, picturability and availability of nouns in aphasia. *Cortex* 5: 104–119.
- Hagoort, P. 2005. On Broca, brain, and binding: a new framework. *Trends in Cognitive Sciences* 9: 416–423.
- Hagoort, P. 2008. The fractionation of spoken language understanding by measuring electrical and magnetic brain signals. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 363: 1055–1069.

- Hagoort, P. – C. Brown 1994. Brain responses to lexical ambiguity resolution and parsing. In: Clifton et al. (1994, 45–81).
- Hagoort, P. – C. M. Brown – T. Y. Swaab 1996. Lexical-semantic event-related potential effects in patients with left hemisphere lesions and aphasia, and patients with right hemisphere lesions without aphasia. *Brain* 119: 627–649.
- Hagoort, P. – C. M. Brown – W. Vonk – J. C. J. Hoeks 2005. Syntactic ambiguity effects in coordination structures: ERP evidence. *Kézirat*, Nijmegen.
- Hagoort, P. – L. Hald – M. Bastiaansen – K. M. Petersson 2004. Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science* 304: 438–441.
- Hahne, A. – A. D. Friederici 2002. Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs. *Cognitive Brain Research* 13: 339–356.
- Halgren, E. – R. P. Dhond – N. Christensen – C. van Petten – K. Marinkovic – J. D. Lewine – A. M. Dale 2002. N400-like magnetoencephalography responses modulated by semantic context, word frequency, and lexical class in sentences. *Neuroimage* 17: 1101–1116.
- Hampson, E. 1990. Variations in sex-related cognitive abilities across the menstrual cycle. *Brain and Cognition* 14: 26–43.
- Hart, J. J. – R. S. Berndt – A. Caramazza 1985. Category-specific naming deficit following cerebral infarction. *Nature* 316: 439–440.
- Hebb, D. O. 1949. *The organization of behavior; a neuropsychological theory*. New York: Wiley.
- Hebb, D. O. 1975. *A pszichológia alapkérdései*. Budapest: Gondolat Kiadó.
- Heim, S. – B. Opitz – K. Müller – A. D. Friederici 2003. Phonological processing during language production: fMRI evidence for a shared production-comprehension network. *Cognitive Brain Research* 16: 285–296.
- Helenius, P. – R. Salmelin – E. Service – J. F. Connolly 1998. Distinct time courses of word and context comprehension in the left temporal cortex. *Brain* 121: 1133–1142.
- Henry, L. A. – D. J. Messer – G. Nash 2012. Executive functioning in children with specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 53: 37–45.
- Hickok, G. – B. Buchsbaum – C. Humphries – T. Muftuler 2003. Auditory-motor interaction revealed by fMRI: Speech, music, and working memory in area Spt. *Journal of Cognitive Neuroscience* 15: 673–682.
- Hickok, G. – D. Poeppel 2000. Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences* 4: 131–138.
- Hickok, G. – D. Poeppel 2004. Dorsal and ventral streams: A framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition* 92: 67–99.
- Hillis, A. E. – A. Caramazza 1991. Category-specific naming and comprehension impairment: A double dissociation. *Brain* 114: 2081–2094.
- Hillis, A. E. – B. C. Rapp – A. Caramazza 1999. When a rose is a rose in speech but a tulip in writing. *Cortex* 35: 337–356.
- Hodges, J. R. – K. Patterson – S. Oxbury – E. Funnell 1992. Semantic dementia. Progressive fluent aphasia with temporal lobe atrophy. *Brain* 115: 1783–1806.
- Hutsler, J. J. – M. S. Gazzaniga 1996. Acetylcholinesterase staining in human auditory and language cortices: Regional variation of structural features. *Cerebral Cortex* 6: 260–270.
- Indefrey, P. – C. M. Brown – F. Hellwig – K. Amunts – H. Herzog – R. J. Seitz – P. Hagoort 2001. A neural correlate of syntactic encoding during speech production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98: 5933–5936.

- Indefrey, P. – F. Hellwig – H. Herzog – R. J. Seitz – P. Hagoort 2004. Neural responses to the production and comprehension of syntax in identical utterances. *Brain & Language* 89: 312–319.
- Indefrey, P. – W. J. M. Levelt 2000. The neural correlates of language production. In: M. Gazzaniga (szerk.): *The new cognitive neurosciences*. Cambridge MA: MIT Press. 845–865.
- Jaeger, J. J. – A. H. Lockwood – D. L. Kemmerer – R. D. J. van Valin – B. W. Murphy – H. G. Khalak 1996. A positron emission tomographic study of regular and irregular verb morphology in English. *Language* 72: 451–497.
- January, D. – J. C. Trueswell – S. L. Thompson-Schill 2009. Co-localization of Stroop and syntactic ambiguity resolution in Broca's area: Implications for the neural basis of sentence processing. *Journal of Cognitive Neuroscience* 21: 2434–2444.
- Joanisse, M. F. – M. S. Seidenberg 2005. Imaging the past: neural activation in frontal and temporal regions during regular and irregular past-tense processing. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience* 5: 282–296.
- Jonides, J. – E. H. Schumacher – E. E. Smith – R. A. Koeppel – E. Awh – P. A. Reuter-Lorenz – C. Marshuetz – C. R. Willis 1998. The role of parietal cortex in verbal working memory. *Journal of Neuroscience* 18: 5026–5034.
- Kaan, E. – T. Y. Swaab 2002. The brain circuitry of syntactic comprehension. *Trends in Cognitive Sciences* 6: 350–356.
- Kan, I. P. – S. L. Thompson-Schill 2004. Effect of name agreement on prefrontal activity during overt and covert picture naming. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience* 4: 43–57.
- Kaplan, J. T. – M. Iacoboni 2007. Multimodal action representation in human left ventral premotor cortex. *Cognitive Processing* 8: 103–113.
- Kiefer F. (szerk.) 2000. *Strukturális magyar nyelvtan 3. Morfológia*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- King, J. W. – M. Kutas 1995. Who did what and when? Using word- and clause-level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience* 7: 376–395.
- Kramer, J. – K. Yaffe – J. Lengenfelder – D. Delis 2003. Age and gender interactions on verbal memory performance. *Journal of the International Neuropsychological Society* 9: 97–102.
- Kutas, M. – K. D. Federmeier 2000. Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences* 4: 463–470.
- Kutas, M. – S. A. Hillyard 1980. Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science* 207: 203–208.
- Kutas, M. – S. A. Hillyard 1984. Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature* 307: 161–163.
- László J. 1999. *Társas tudás, elbeszélés, identitás*. Budapest: Scientia Humana/Kairosz.
- Lau, E. F. – C. Phillips – D. Poeppel 2008. A cortical network for semantics: (De)constructing the N400. *Nature Reviews Neuroscience* 9: 920–933.
- Lau, E. F. – C. Stroud – S. Plesch – C. Phillips 2006. The role of structural prediction in rapid syntactic analysis. *Brain & Language* 98: 74–88.
- Lehtonen, M. – V. A. Vorobyev – K. Hugdahl – T. Tuokkola – M. Laine 2006. Neural correlates of morphological decomposition in a morphologically rich language: An fMRI study. *Brain & Language* 98: 182–193.
- Leonard, L. B. 1998. *Children with specific language impairment*. Cambridge MA: MIT Press.
- Levelt, W. J. M. 1989. *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge MA: MIT Press.
- Levelt, W. J. M. 1999. Models of word production. *Trends in Cognitive Sciences* 3: 223–232.



- Lukács, Á. – Cs. Pléh 1999. Hungarian cross-modal priming and treatment of nonsense words supports the dual-process hypothesis (Commentary on “Lexical entries and rules of language: A multidisciplinary study of German inflection” by Harald Clahsen). *Behavioral and Brain Sciences* 22: 1030–1031.
- Lurija, A. R. 1966. *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books.
- Lurija, A. R. 1975. *Válogatott tanulmányok*. Budapest: Gondolat Kiadó.
- MacDonald, M. C. – N. J. Pearlmutter – M. S. Seidenberg 1994. The lexical nature of syntactic ambiguity resolution. *Psychological Review* 101: 676–703.
- Maki, P. M. – S. M. Resnick 2000. Longitudinal effects of estrogen replacement therapy on PET cerebral blood flow and cognition. *Neurobiology of Aging* 21: 373–383.
- Maki, P. M. – J. B. Rich – R. S. Rosenbaum 2002. Implicit memory varies across the menstrual cycle: Estrogen effects in young women. *Neuropsychologia* 40: 518–529.
- Marslen-Wilson, W. D. – L. K. Tyler 1980. The temporal structure of spoken language understanding. *Cognition* 8: 1–71.
- Marslen-Wilson, W. D. – A. Welsh 1978. Processing interactions and lexical access during word-recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology* 10: 29–63.
- Martin, A. – J. V. Haxby – F. M. Lalonde – C. L. Wiggs – L. G. Ungerleider 1995. Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science* 270: 102–105.
- Martin, A. – C. L. Wiggs – L. G. Ungerleider – J. V. Haxby 1996. Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature* 379: 649–652.
- McCarthy, R. – E. K. Warrington 1985. Category specificity in an agrammatic patient: The relative impairment of verb retrieval and comprehension. *Neuropsychologia* 23: 709–727.
- McDonald, S. 1998. Communication and language disturbances following traumatic brain injury. In: Stemmer – Whitaker (1998, 485–494).
- McGlone, J. 1984. Speech comprehension after unilateral injection of sodium amytal. *Brain & Language* 22: 150–157.
- Meinzer, M. – A. Lahiri – T. Fleisch – R. Hannemann – C. Eulitz 2009. Opaque for the reader but transparent for the brain: Neural signatures of morphological complexity. *Neuropsychologia* 47: 1964–1971.
- Miceli, G. – L. Giustolisi – A. Caramazza 1991. The interaction of lexical and non-lexical processing mechanisms: Evidence from anomia. *Cortex* 27: 57–80.
- Milham, M. P. – M. T. Banich – V. Barad 2003. Competition for priority in processing increases prefrontal cortex's involvement in top-down control: An event-related fMRI study of the Stroop task. *Cognitive Brain Research* 17: 212–222.
- Miller, E. K. – J. D. Cohen 2001. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience* 24: 167–202.
- Morgan-Short, K. – M. T. Ullman 2012. The neurocognition of second language. In: A. Mackey – S. Gass (szerk.): *Handbook of second language acquisition*. New York: Routledge. 282–299.
- Münté, T. F. – H. J. Heinze – G. R. Mangun 1993. Dissociation of brain activity related to syntactic and semantic aspects of language. *Journal of Cognitive Neuroscience* 5: 335–344.
- Münté, T. F. – K. Schilz – M. Kutas 1998. When temporal terms belie conceptual order. *Nature* 395: 71–73.
- Näätänen, R. – A. Lehtokoski – M. Lennes – M. Cheour – M. Huottilainen – A. Iivonen – M. Vainio – P. Alku – R. J. Ilmoniemi – A. Luuk – J. Allik – J. Sinkkonen – K. Alho 1997. Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature* 385: 432–434.

- Neville, H. – D. Bavelier 2000. Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans. In: M. S. Gazzaniga (szerk.): *The new cognitive neurosciences*. Cambridge MA: MIT Press. 83–99.
- Norris, D. 1994. Shortlist: A connectionist model of continuous speech recognition. *Cognition* 52: 189–234.
- Novick, J. M. – D. January – J. C. Trueswell – S. L. Thompson-Schill 2004. Prefrontal cortex and the role of selectional processes in language comprehension: Frogs, napkins, and Broca's area. Poster presented at the 17th Annual CUNY Conference on Human Sentence Processing, Baltimore.
- Novick, J. M. – I. P. Kan – J. C. Trueswell – S. L. Thompson-Schill 2009. A case for conflict across multiple domains: Memory and language impairments following damage to ventrolateral prefrontal cortex. *Cognitive Neuropsychology* 26: 527–567.
- Novick, J. M. – A. Kim – J. C. Trueswell 2003. Studying the grammatical aspects of word recognition: Lexical priming, parsing, and syntactic ambiguity resolution. *Journal of Psycholinguistic Research* 32: 57–75.
- Novick, J. M. – J. C. Trueswell – S. L. Thompson-Schill 2005. Cognitive control and parsing: Reexamining the role of Broca's area in sentence comprehension. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience* 5: 263–281.
- Novick, J. M. – J. C. Trueswell – S. L. Thompson-Schill 2010. Broca's area and language processing: Evidence for the cognitive control connection. *Language and Linguistics Compass* 4: 906–924.
- Okada, K. – G. Hickok 2006. Left posterior auditory-related cortices participate both in speech perception and speech production: Neural overlap revealed by fMRI. *Brain and Language* 98: 112–117.
- Osterhout, L. – P. J. Holcomb 1992. Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language* 31: 785–806.
- Osterhout, L. – R. McKinnon 1996. On the language-specificity of the brain response to syntactic anomalies, is the syntactic positive shift a member of the P300 family? *Journal of Cognitive Neuroscience* 8: 507–526.
- Patel, A. D. – E. Gibson – J. Ratner – M. Besson – P. J. Holcomb 1998. Processing syntactic relations in language and music: An event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 10: 717–733.
- Perani, D. – S. F. Cappa – V. Bettinardi – S. Bressi – M. Gorno-Tempini – M. Matarrese – F. Fazio 1995. Different neural systems for the recognition of animals and man-made tools. *Neuroreport* 6: 1637–1641.
- Petersson, K. M. – C. Forkstam – M. Ingvar 2004. Artificial syntactic violations activate Broca's region. *Cognitive Science* 28: 383–407.
- Petten, C. van – M. Kutas 1990. Interactions between sentence context and word frequency in event-related brain potentials. *Memory and Cognition* 18: 380–393.
- Petten, C. van – M. Kutas 1991. Influences of semantic and syntactic context on open- and closed-class words. *Memory & Cognition* 19: 95–112.
- Pfluger, T. – S. Weil – S. Weis – C. Vollmar – D. Heiss – J. Egger – R. Scheck – K. Hahn 1999. Normative volumetric data of the developing hippocampus in children based on magnetic resonance imaging. *Epilepsia* 40: 414–423.
- Pinker, S. 1991. Rules of language. *Science* 253: 530–535.
- Pinker, S. 1999. *A nyelvi ösztön*. Budapest: TypoTeX Kiadó.
- Pléh Cs. 1986. *A történet szerkezete és az emlékezeti sémák*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Pléh Cs. 2000. A modularitás és a pragmatika: néhány egyszerű és bonyolult kapcsolat. *Erdélyi Pszichológiai Szemle* 1: 9–30.

- Pléh Cs. 2009. A nyelv idegrendszeri képviselete: tények és új elméletek. *Modern Nyelvoktatás* 15: 3–18.
- Pléh Cs. 2011. A nyelv biológiai alapjai: bátor elméletek és józan építkezés. *Magyar Tudomány* 172: 901–906.
- Pléh Cs. – Lukács Á. 2002. A szabályok és a kettős disszociációs elv a nyelv agyi reprezentációjában. In: Vizi E. Sz. – Altrichter F. – Nyiri K. – Pléh Cs. (szerk.): *Agy és tudat*. Budapest: BIP. 153–168.
- Price, C. J. 1998. The functional anatomy of word comprehension and production. *Trends in Cognitive Sciences* 2: 281–288.
- Pruessner, J. C. – D. L. Collins – M. Pruessner – A. C. Evans 2001. Age and gender predict volume decline in the anterior and posterior hippocampus in early adulthood. *Journal of Neuroscience* 21: 194–200.
- Pulvermüller, F. 1999. Words in the brain's language. *Behavioral and Brain Sciences* 22: 253–336.
- Pulvermüller, F. 2001. Brain reflections of words and their meaning. *Trends in Cognitive Sciences* 5: 517–524.
- Pulvermüller, F. – Y. Shtyrov – O. Hauk 2009. Understanding in an instant: Neurophysiological evidence for mechanistic language circuits in the brain. *Brain & Language* 110: 81–94.
- Rapp, B. – A. Caramazza 1997. The modality-specific organization of grammatical categories: Evidence from impaired spoken and written sentence production. *Brain & Language* 56: 248–286.
- Rauschecker, J. P. 1998. Cortical processing of complex sounds. *Current Opinion in Neurobiology* 8: 516–521.
- Renzi, E. de – G. di Pellegrino 1995. Sparing of verbs and preserved, but ineffectual reading in a patient with impaired word production. *Cortex* 31: 619–636.
- Renzi, E. de – A. Zambolin – G. Crisi 1987. The pattern of neuropsychological impairment associated with left posterior cerebral artery infarcts. *Brain* 110: 1099–1116.
- Resnick, S. – P. Maki – S. Golski – M. Kraut – A. Zonderman 1998. Effects of estrogen replacement therapy on pet cerebral blood flow and neuropsychological performance. *Hormones and Behavior* 34: 171–182.
- Rizzolatti, G. – L. Fadiga – V. Gallese – L. Fogassi 1996. Premotor cortex and recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research* 3: 131–141.
- Robertson, D. A. – M. A. Gernsbacher – S. J. Guidotti – R. R. Robertson – W. Irwin – B. J. Mock – M. E. Campana 2000. Functional neuroanatomy of the cognitive process of mapping during discourse comprehension. *Psychological Science* 11: 255–260.
- Rugg, M. D. 1985. The effects of semantic priming and word repetition on event-related potentials. *Psychophysiology* 22: 642–647.
- Rugg, M. D. – M. E. Nagy 1987. Lexical contribution to nonword-repetition effects: Evidence from event-related potentials. *Memory and Cognition* 15: 473–481.
- Rumelhart, D. E. 1975. Notes on a schema for stories. In: D. G. Bobrow – A. N. Collins (szerk.): *Representation and understanding*. New York: Academic Press. 211–236.
- Rumelhart, D. E. – J. L. McClelland 1986. On learning the past tense of English verbs. In: R. McClelland (szerk.): *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. Cambridge MA: MIT Press. 217–271.
- Sach, M. – R. J. Seitz – P. Indefrey 2004. Unified inflectional processing of regular and irregular verbs: A PET study. *Neuroreport* 15: 533–537.
- Saffran, E. – A. Sholl 1999. Clues to the functional and neural architecture of word meaning. In: C. M. Brown – P. Hagoort (szerk.): *The neurocognition of language*. Oxford: Oxford University Press. 241–273.

- Sartori, G. – M. Miozzo – R. Job 1993. Category-specific naming impairments? Yes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: A* 46: 489–509.
- Schank, R. C. – R. Abelson 1977. *Scripts, plans, goals, and understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schnur, T. T. – M. F. Schwartz – D. Y. Kimberg – E. Hirshorn – H. B. Coslett – S. L. Thompson-Schill 2009. Localizing interference during naming: Convergent neuroimaging and neuropsychological evidence for the function of Broca's area. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 322–327.
- Seidenberg, M. S. – J. H. Hoeffner 1998. Evaluating behavioral and neuroimaging data in past tense processing. *Language* 74: 105–128.
- Seldon, H. L. 1981a. Structure of human auditory cortex. I. Cytoarchitectonics and dendritic distributions. *Brain Research* 229: 277–294.
- Seldon, H. L. 1981b. Structure of human auditory cortex. II. Axon distributions and morphological correlates of speech perception. *Brain Research* 229: 295–310.
- Seldon, H. L. 1982. Structure of human auditory cortex. III. Statistical analysis of dendritic trees. *Brain Research* 249: 211–221.
- Shapiro, K. – A. Pascual-Leone – F. Mottaghy – M. Gangitano – A. Caramazza 2001. Grammatical distinctions in the left frontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience* 13: 713–720.
- Siegel, D. J. 2001. Memory: An overview, with emphasis on developmental, interpersonal, and neurobiological aspects. *Journal of the American Academy of Child and Adolescence Psychiatry* 40: 997–1011.
- Sirigu, A. – L. Cohen – T. Zalla – P. Pradat-Diehl – P. van Eeckhout – J. Grafman – Y. Agid 1998. Distinct frontal regions for processing sentence syntax and story grammar. *Cortex* 34: 771–778.
- Sirigu, A. – T. Zalla – B. Pillon – J. Grafman – Y. Agid – B. Dubois 1996. Encoding of sequence and boundaries of scripts following prefrontal lesions. *Cortex* 32: 297–310.
- Snowden, J. S. – P. J. Goulding – D. Neary 1989. Semantic dementia: a form of circumscribed cerebral atrophy. *Behavioral Neurology* 2: 167–182.
- St George, M. – M. Kutas – A. Martinez – M. I. Sereno 1999. Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain* 122: 1317–1325.
- Steinhauer, K. – K. Alter – A. D. Friederici 1999. Brain potentials indicate immediate use of prosodic cues in natural speech processing. *Nature Neuroscience* 2: 191–196.
- Stemmer, B. – H. A. Whitaker (szerk.) 1998. *Handbook of the neuroscience of language*. San Diego: Academic Press.
- Stromswold, K. – D. Caplan – N. Alpert – S. Rauch 1996. Localization of syntactic comprehension by positron emission tomography. *Brain & Language* 52: 452–473.
- Tannock, R. – R. Schachar 1996. Executive dysfunction as an underlying mechanism of behavior and language problems in attention deficit hyperactivity disorder. In: J. H. Beitchman – N. J. Cohen – M. M. Konstantareas (szerk.): *Language, learning, and behavior disorders: Developmental, biological, and clinical perspectives*. Cambridge: Cambridge MA. 128–155.
- Tranel, D. – H. Damasio – A. R. Damasio 1997. On the neurology of naming. In: H. Goodglass – A. Wing-field (szerk.): *Anomia: Neuroanatomical and cognitive correlates*. New York: Academic Press. 65–90.
- Trueswell, J. C. – M. K. Tanenhaus 1994. Toward a lexicalist framework for constraint-based syntactic ambiguity resolution. In: Clifton et al. (1994, 155–179).

- Turennot, M. v. – P. Hagoort – C. M. Brown 1997. Electrophysiological evidence on the time course of semantic and phonological processes in speech production. *Journal of Experimental Psychology* 23: 787–806.
- Turennot, M. v. – P. Hagoort – C. M. Brown 1998. Brain activity during speaking: from syntax to phonology in 40 milliseconds. *Science* 280: 572–574.
- Tyler, L. K. – E. A. Stamatakis – B. Post – B. Randall – W. D. Marslen-Wilson 2005. Temporal and frontal systems in speech comprehension: An fMRI study of past tense processing. *Neuropsychologia* 43: 1963–1974.
- Ullman, M. T. 2001. A neurocognitive perspective on language: The declarative/procedural model. *Nature Review Neuroscience* 2: 717–726.
- Ullman, M. T. 2004. Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition* 92: 231–270.
- Ullman, M. T. 2005. A cognitive neuroscience perspective on second language acquisition: The declarative/procedural model. In: C. Sanz (szerk.): *Mind and context in adult second language acquisition: Methods, theory, and practice*. Washington, DC: Georgetown University Press. 141–178.
- Ullman, M. T. – S. Ciorkin – M. Copolla – G. Hickok – J. H. Growdon – W. J. Koroshetz – S. Pinker 1999. Neurológiai szétválás a nyelven belül: bizonyítékok arra, hogy a mentális szótár a deklaratív memória része, a nyelvtani szabályokat pedig a procedurális rendszer működteti. In: Bánréti (1999, 443–467).
- Ullman, M. T. – R. Pancheva – T. Love – E. Yee – D. Swinney – G. Hickok 2005. Neural correlates of lexicon and grammar: Evidence from the production, reading, and judgment of inflection in aphasia. *Brain & Language* 93: 185–238.
- Ullman, M. T. – E. I. Pierpont 2005. Specific language impairment is not specific to language: The procedural deficit hypothesis. *Cortex* 41: 399–433.
- Vaidya, C. J. – M. Huger – D. Howard – J. H. J. Howard 2007. Developmental differences in implicit learning of spatial context. *Neuropsychology* 21: 497–506.
- Wada, J. – T. Rasmussen 1960. Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance. *Journal of Neurosurgery* 17: 266–282.
- Walenski, M. – S. H. Mostofsky – M. T. Ullman 2007. Speeded processing of grammar and tool knowledge in Tourette's syndrome. *Neuropsychologia* 45: 2447–2460.
- Warburton, E. – R. J. Wise – C. J. Price – C. Weiller – U. Hadar – S. Ramsay – R. S. Frackowiak 1996. Noun and verb retrieval by normal subjects. Studies with PET. *Brain* 119: 159–179.
- Warrington, E. K. 1975. The selective impairment of semantic memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 27: 635–657.
- Warrington, E. K. – T. Shallice 1984. Category specific semantic impairments. *Brain* 107: 829–854.
- Yamadori, A. – M. L. Albert 1973. Word category aphasia. *Cortex* 9: 112–125.
- Ye, Z. – X. Zhou 2009. Conflict control during sentence comprehension: fMRI evidence. *NeuroImage* 48: 280–290.
- Zaidel, E. 1985. Language in the right hemisphere. In: D. F. Benson – E. Zaidel (szerk.): *The dual brain: Hemispheric specialization in humans*. New York: Guilford Press. 205–231.
- Zalla, T. – A. Sirigu – B. Pillon – B. Dubois – J. Grafman – Y. Agid 1998. Deficit in evaluating pre-determined sequences of script events in patients with Parkinson's disease. *Cortex* 34: 621–627.
- Zatorre, R. J. – P. Belin – V. B. Penhune 2002. Structure and function of auditory cortex: Music and speech. *Trends in Cognitive Sciences* 6: 37–46.
- Zatorre, R. J. – A. C. Evans – E. Meyer – A. Gjedde 1992. Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing. *Science* 256: 846–849.

